АДОЛЬФЪ ФИККЪ.

ОБЩЕДОСТУПНЫЯ ЛЕКЦІИ.

СИЛЫ ПРИРОДЫ

и ихъ

СООТНОШЕНІЕ.

Переводъ съ нѣмецкаго Г. Густавсона.

подъ редакціею

Проф. А. БУТЛЕРОВА.

Изданіе

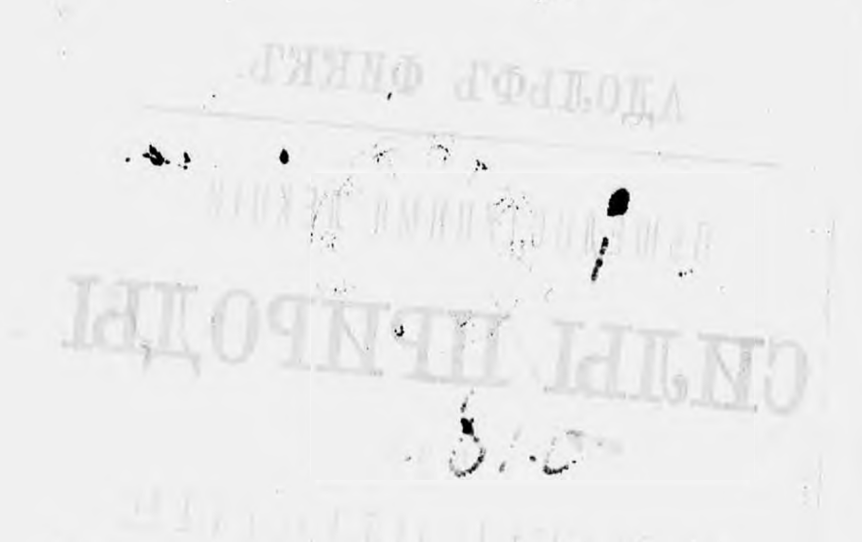
„РУССКОЙ КНИЖНОЙ ТОРГОВЛИ."

Цѣна 75 коп.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Въ типографіи В. Демакова. В. О., 9 л., № 22.

1870.



Дозволено цензурою. С.-Петербургъ 30 Января 1870 г.



ЛЕКЦІЯ ПЕРВАЯ.

По мѣрѣ тщательнаго изученія разнообразныхъ явленій природы, все болѣе и болѣе являлась необходимость такого общаго о нихъ представленія, которое, связывая своею сущностію всѣ явленія, объясняло бы разнообразіе ихъ различнымъ состояніемъ и различнымъ отношеніемъ сущности этихъ явленій къ намъ и между собою.

Принятіе существованія матеріи есть уже первый шагъ въ такому представленію; потому что подъ именемъ матеріи понимаютъ нѣчто постоянное, самостоятельное и не зависящее отъ нашихъ впечатлѣній. Ограниченныя части матеріи не могутъ впрочемъ назваться собственно постоянными, потому что мы ежеминутно можемъ наблюдать ихъ повидимому безслѣдное исчезновеніе въ видѣ пыли или пара.

Дѣйствительно, постоянство или вѣчность матеріи не есть фактъ, доказанный опытомъ, какъ часто

утверждаютъ. Ежедневное поверхностное наблюденіе противорѣчитъ этому факту и до сихъ поръ онъ еще не подтвержденъ точнымъ научнымъ опытомъ. Сколько бы разъ мы ни сравнивали, при химическихъ процессахъ, сумму вѣсовъ составныхъ частей съ вѣсомъ происшедшаго изъ нихъ соединенія, мы не достигнемъ полнаго тожества этихъ вѣсовъ; изъ этого всякій заключаетъ, что никто не въ состояніи произвесть абсолютно вѣрнаго взвѣшиванія, но никому не приходитъ въ голову, что разность въ этомъ случаѣ можетъ зависѣть отъ появленія или уничтоженія матеріи. Вѣчность матеріи есть фактъ апріористическій, зависящій отъ свойствъ нашего разума въ такой же степени, какъ и законъ причинности, съ которымъ, быть можетъ, онъ связанъ тѣснѣйшимъ образомъ. Исторія науки научаетъ насъ, что понятіе о постоянствѣ матеріи не есть слѣдствіе опыта: оно впервые было высказано въ глубокой древности, когда еще не взвѣшивали и не мѣрили. Древніе мыслители утверждали совершенно послѣдовательно, что матерія состоитъ изъ мельчайшихъ недѣлимыхъ частичекъ или атомовъ, удовлетворяя этимъ представленіемъ требованіямъ нашего разума. Ограниченная часть матеріи состоитъ по этому представленію изъ безчисленнаго количества атомовъ и всѣ явленія и измѣненія сводятся только на движеніе этихъ атомовъ, которые сами не подлежатъ никакому измѣненію въ свойствахъ.

Окончательною цѣлью естествознанія въ настоящее время является строгое научное доказательство истинности вышеприведеннаго представленія, сознаннаго и высказаннаго греческими философами еще за 2000 лѣтъ.

Ни въ какое время, не исключая временъ Галилея и Ньютона, наука не шла такъ быстро къ этой цѣли, какъ въ настоящее время. Только изслѣдованія послѣдняго времени надъ взаимнымъ отношеніемъ силъ природы, — предметъ нашихъ лекцій, — только эти изслѣдованія дали прочное основаніе тому взгляду, что сущность всѣхъ явленій заключается въ движеніи атомовъ, и что разнообразіе явленій обусловливается лишь различіемъ формы и рода этого движенія.

Эта мысль, какъ было уже упомянуто, столь же древня, какъ и греческая философія, и со временъ Лейциппа и Демокрита часто встрѣчается въ формѣ философской аксіомы. Иное дѣло высказать эму мысль въ строгой формѣ научной гипотезы и указать направленіе, развиваясь по которому она современемъ можетъ сдѣлаться теоріей. Въ этой формѣ она является только въ новѣйшее время и именно въ небольшомъ, но чрезвычайно замѣчательномъ сочиненіи Гельмгольца «о сохраненіи силъ».

Ученіе о теплотѣ и отношеніи ея къ другимъ явленіямъ, преимущественно къ движенію атомовъ, можно назвать точкою опоры новыхъ теорій взаимнаго от-

ношенія силъ. Это ученіе о теплотѣ, которое обыкновенно называется механическою теоріею теплоты, явилось только въ новѣйшее время.

Нѣмецкому врачу Юлію Роберту Мейеру, изъ Гейльбронна, безспорно первому принадлежитъ заслуга обнародованія основныхъ мыслей этого ученія, вмѣстѣ съ выводами, основанными на точныхъ количественныхъ данныхъ. Первая его статья объ этомъ предметѣ, заключающая всего 13 страницъ, была напечатана въ майской книжкѣ «Annalen der Chemie und Pharmacie» 1842 года подъ заглавіемъ «Замѣчанія о силахъ неорганической природы». Этимъ сочиненіемъ начинается новая эпоха развитія естественныхъ наукъ.

Вскорѣ затѣмъ, какъ кажется независимо отъ Мейера, появилось сочиненіе англійскаго физика Джуля, основою котораго принятъ опытъ въ механической теоріи теплоты. Къ этому сочиненію мы будемъ еще впослѣдствіи имѣть случай возвратиться.

Вскорѣ изъ этихъ плодотворныхъ зачатковъ развилось цѣлое ученіе на математическихъ началахъ; надъ нимъ, въ настоящее время, работаютъ многіе изъ замѣчательнѣйшихъ ученыхъ. Приэтомъ я долженъ указать на наиболѣе выдвигающагося дѣятеля на этомъ поприщѣ: я говорю про Клаузіуса, котораго мы съ гордостью причисляемъ къ нашимъ.

Мы должны, слѣдовательно, главнѣйшимъ обра-

зомъ заняться отношеніемъ теплоты къ другимъ дѣятелямъ природы, какъ-то: къ электричеству, къ свѣту и особенно вообще къ механическому частичному движенію массъ.

Можно сказать, что теплота занимаетъ центральное мѣсто между остальными дѣятелями природы. Дѣйствительно, нѣтъ такого процесса ни въ органическомъ, ни въ неорганическомъ мірѣ, въ которомъ бы не участвовала теплота; во всякомъ подобномъ процессѣ теплота развивается или исчезаетъ.

Очевидно, что такое обширное значеніе теплоты въ ряду другихъ силъ природы находится въ тѣсной зависимости отъ сущности этой силы, и прежде всего мы должны себѣ объяснить, что такое теплота и въ чемъ именно она состоитъ.

Такъ какъ теперь приходится намъ разсмотрѣть этотъ первый представившійся намъ вопросъ, то позвольте мнѣ приэтомъ представить вамъ планъ, котораго я буду держаться при дальнѣйшемъ изложеніи. Опредѣливъ, что теплота есть извѣстный родъ движенія, намъ необходимо будетъ научиться измѣрять количества теплоты общею механическою мѣрою движенія, т. е. намъ необходимо будетъ познакомиться съ механическимъ эквивалентомъ теплоты. Къ этому понятію тѣсно примыкаетъ принципъ сохраненія силы, представляющій самое высокое и богатое послѣдствіями обобщеніе, которое до сихъ поръ успѣло вырабо-

тать все естествознаніе. Руководствуясь этимъ принципомъ, мы разсмотримъ, какъ всѣ процессы, совершающіеся въ природѣ, состоятъ только въ движеніи, принимающемъ постоянно новыя формы. Съ этой точки зрѣнія можно будетъ въ немногихъ словахъ опредѣлить сущность взаимнаго отношенія силъ природы, какъ-то тепла, свѣта, электричества, магнетизма, химическаго сродства, тяжести и вообще механическаго движенія. Установивъ это отношеніе, мы еще подробнѣе разсмотримъ измѣненіе силъ одной въ другую въ двухъ особенно интересныхъ областяхъ: въ области нашей собственной жизни и въ области всей вселенной.

Поищемъ же теперь точный отвѣтъ на вопросъ: что такое теплота? Если намъ это удастся, то уже легко будетъ разрѣшить и остальные вопросы.

Вамъ извѣстно, что прежде теплоту считали за вещество. Я не буду останавливаться на слѣдствіяхъ этого воззрѣнія и не буду опровергать его, такъ какъ опроверженіе явится само собою изъ тѣхъ положеній, къ которымъ я сейчасъ перейду. Первоначально слово теплота выражало собою ничто иное какъ извѣстнго рода ощущеніе, потому что вообще первоначально мы получаемъ только ощущенія. Но если мы пожелаемъ изслѣдовать причину этой силы, названной также теплотою, по названію производимаго ею ощущенія, то намъ должно будетъ изслѣдовать

обстоятельства, при которыхъ происходитъ въ насъ это ощущеніе теплоты.

Извѣстно, что ощущеніе теплоты возбуждается въ насъ при прикосновеніи нашей кожи въ различнымъ предметамъ, къ куску желѣза, къ куску дерева, къ водѣ: необходимо только, чтобы тѣла приэтомъ находились въ извѣстномъ состояніи, чтобы, какъ обыкновенно выражаются, они были теплы.

Слѣдовательно мы видимъ, что не отъ природы самаго тѣла зависитъ его свойство быть теплымъ, или холоднымъ; спрашивается теперь: какимъ образомъ можно данное тѣло привести въ такое состояніе, чтобы, приведенное въ прикосновеніе съ нашей кожей, оно производило въ ней ощущеніе теплоты.

Кусокъ желѣза, напримѣръ, приводится въ подобное состояніе, повидимому, весьма различными способами. Если мы подвергнемъ его лѣтомъ дѣйствію солнечныхъ лучей, когда солнце высоко, то онъ такъ нагрѣется, что прикосновеніе къ нему почти обжигаетъ. Кусокъ желѣза нагрѣвается также, если положить его въ разведенную сѣрную кислоту, причемъ онъ тотчасъ начинаетъ растворяться. Наконецъ онъ нагрѣвается, если его сильно тереть о дерево или о камень. Мелкія частички стали приэтомъ даже накаливаются до яркаго каленія, что мы видимъ при высѣканіи огня посредствомъ огнива.

Этотъ послѣдній способъ приведенія тѣлъ въ состояніе, дающее ощущеніе теплоты, мы разсмотримъ

подробнѣе. Возьмемъ наиболѣе общій случай. Представимъ себѣ, что кусокъ желѣза укрѣпленъ на нижней поверхности весьма тяжелаго камня и что этотъ камень спускается по наклонной шероховатой плоскости изъ камня или изъ дерева такимъ образомъ, что желѣзо трется объ эту плоскость. Вышина наклонной плоскости равна, напримѣръ, десяти метрамъ. Если вы только вспомните, какъ сильно нагрѣвается при треніи о землю желѣзная шина колеса, которое затормозили, то вамъ сдѣлается яснымъ, что и въ нашемъ случаѣ трущійся на плоскости кусокъ желѣза можетъ весьма сильно нагрѣться.

Едвали требуетъ серьёзнаго опроверженія объясненіе этого явленія по матеріальной теоріи теплоты; по этому объясненію выходитъ, что желѣзо приняло въ себя вещество, находившееся до этого времени гдѣ-то въ другомъ мѣстѣ.

Напротивъ того, разсмотрѣнный нами процессъ долженъ былъ произвести движеніе. Дѣйствительно, еслибы мы взяли нашъ камень въ видѣ гладкаго шара и спустили бы его по гладкой наклонной плоскости, или просто заставили бы его падать съ той же высоты, то онъ упалъ бы съ значительною быстротою. При высотѣ 10 метровъ—со скоростью около 14 метровъ въ секунду. Наоборотъ, въ нашемъ случаѣ, камень спускался книзу по шероховатой плоскости съ весьма незначительною быстротою, такъ сказать спокойно. Неужили же стремленіе къ движенію или сила тяжести осталась здѣсь безъ дѣйствія?

Вообще, вслѣдствіе стремленія къ движенію, тѣло движется по направленію притягивающей его силы, напр. падающій камень приближается къ поверхности земли, т. е. слѣдуетъ по направленію силы тяжести. Развѣ стремленіе къ движенію зависитъ отъ свойствъ пути? Развѣ стремленіе къ движенію существуетъ только на гладкомъ пути, а на шероховатомъ этого стремленія нѣтъ? Едвали здравомыслящій человѣкъ можетъ это допустить. Вѣдь въ томъ и другомъ случаѣ сила тяжести произвела на тѣло одно и тоже дѣйствіе, именно заставила спуститься это тѣло съ высоты 10 метровъ. Въ томъ и другомъ случаѣ слѣдствіе движенія было одно и то же. Это слѣдствіе, достигнутое быстро, мы имѣемъ предъ собою и тогда, когда тѣло падаетъ съ высоты 10 метровъ, и тогда, когда оно скатывается безъ тренія по гладкой наклонной плоскости, имѣющей ту же высоту.

Но въ такомъ случаѣ ни одна часть массы не нагрѣвается. Наоборотъ, если тѣло спускается по неровной плоскости, то слѣдствіе движенія обнаруживается не въ движеніи всей массы тѣла слѣдствіе этого движенія обнаруживается главнымъ образомъ въ тѣхъ частяхъ ея, которыя непосредственно касаются съ неровностями плоскости. Невидимое движеніе мельчайшихъ частицъ, происходящее

въ этомъ случаѣ отъ дѣйствія тяжести,—это движеніе и обнаруживается теплотою; въ приведенномъ нами примѣрѣ нагрѣвается отъ тренія кусокъ желѣза. То состояніе куска желѣза, которое производитъ въ насъ, при прикосновеніи къ нему, ощущеніе теплоты, есть состояніе движенія.

То обстоятельство, что движеніе приэтомъ не видимо, не можетъ опровергать существованія движенія. Мы можемъ видѣть движеніе только въ такихъ случаяхъ, когда всѣ частицы данной массы двигаются по одному направленію съ одинаковою быстротою, напр. когда падаетъ камень, или по водѣ движется судно. Если же мельчайшія частицы тѣла движутся въ весьма маломъ пространствѣ взадъ и впередъ, или каждая изъ нихъ движется около своей оси, такъ что все тѣло остается на мѣстѣ, то нельзя ожидать, чтобы мы увидѣли подобное движеженіе. Мы, напр., не замѣчаемъ движеніе частицъ воздуха или воды, когда по нимъ проходятъ звуковыя волны.

Если мы мысленно прослѣдимъ тотъ путь, который насъ привелъ къ уразумѣнію сущности теплоты, то онъ вкратцѣ будетъ слѣдующій; мы видимъ, что теплота происходитъ вслѣдствіе причинъ движенія, и именно въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ эти причины не производятъ видимаго движенія всей массы; слѣдовательно въ теплотѣ заключается слѣдствіе этихъ причинъ движенія.

Подобное воззрѣніе вытекаетъ само собою изъ нашего примѣра, изъ котораго видно, что при замедляемомъ треніемъ дѣйствіи силы тяжести на тѣло, происходитъ теплота. Приложимо ли это воззрѣніе и на теплоту, происходящую при химическихъ процессахъ? Можно ли смотрѣть на теплоту, развивающуюся при дѣйствіи кислоты на желѣзо, тоже какъ на дѣйствіе причинъ движенія? На этотъ вопросъ мы можемъ отвѣчать вполнѣ утвердительнымъ образомъ, и самый процессъ въ этомъ случаѣ вовсе не такъ различенъ отъ вышеописаннаго, какъ кажется съ перваго взгляда. Нельзя сомнѣваться, что химическое соединеніе происходитъ вслѣдствіе притяженія мельчайшихъ частицъ соединяющихся тѣлъ. Если бы частицы тѣлъ взаимно не притягивались, то и тѣла остались бы несоединенными. Вслѣдствіе притяженія, частицы должны двигаться другъ къ другу, подобно тому, какъ при паденіи двигается тяжелая масса по направленію дѣйствующей на нее силы тяжести.

Еслибы мы обладали зрѣніемъ, которое относилось бы къ нашимъ микроскопамъ такъ же, какъ они относятся къ нашему дѣйствительному зрѣнію, то мы могли бы быть зрителями весьма сложнаго и бурнаго процесса, происходящаго при раствореніи желѣза въ разведенной сѣрной кислотѣ. Мы увидѣли бы массу маленькихъ и большихъ частичекъ, находящихся въ движеніи, и замѣтили бы, что движе-

н'е это дѣлается все сильнѣе и сильнѣе, потому что болѣе мелкія частицы кислорода и сѣры, притягиваясь большими частичками (желѣза), сталкиваются съ ними. Мы увидѣли бы что всѣ частички эти приходятъ въ сильное движеніе, которое могло бы представить видъ бурнаго вихря.

Если мы взглянемъ на этотъ предметъ такимъ образомъ—а мы осмѣливаемся утверждать, что подобный вглядъ есть нѣчто болѣе простаго предположенія, — то аналогія съ массою, притягиваемою къ землѣ силою тяжести, дѣлается очевидна. Различіе состоитъ только въ томъ, что въ нашемъ первомъ примѣрѣ масса камня безконечно мала относительно массы земли, и что поэтому земля не показываетъ замѣтнаго движенія къ камню, но одинъ камень движется по направленію къ землѣ. Разница въ величинѣ частичекъ желѣза, сѣры и кислорода далеко не такъ велика, и потому тѣ и другія взаимно движутся другъ къ другу. Выше я выставилъ эту разницу гораздо значительнѣе съ цѣлью напомнить о первомъ примѣрѣ. Въ дѣйствительности же нетолько частички сѣры и кислорода стремятся по направленію къ частичкамъ желѣза, но всѣ онѣ стремятся другъ къ другу, и быстрота движенія всѣхъ ихъ при этомъ процессѣ ускоряется.

Сообразивъ все вышеприведенное, мы можемъ сказать съ полною опредѣленностью, что химическая реакція, какъ наприм. желѣза съ сѣрною кислотою, есть движеніе, подобно тому какъ паденіе тяжелаго тѣла на поверхность земли. Слѣдствіемъ этого движенія является теплота, которая въ свою очередь представляетъ ничто иное, какъ особый родъ движенія.

Разсмотримъ наконецъ первый изъ приведенныхъ нами тѣхъ процессовъ, при которыхъ тѣло приводится въ такое состояніе, что сообщаетъ прикоснувшейся къ нему рукѣ ощущеніе тепла. Этотъ примѣръ состоитъ въ томъ, что мы подвергаемъ кусокъ желѣза дѣйствію солнечныхъ лучей. Физика уже давно постановила внѣ всякаго сомнѣнія, что солнечный блескъ есть ничто иное какъ движеніе, и именно волнообразно распространяющееся колебательное движеніе мельчайшихъ частицъ такъ-называемаго эѳира, упругаго вещества, всюду распространеннаго.

Въ этомъ мѣстѣ мы разсмотримъ нѣсколько подробнѣе тотъ родъ движенія, который существуетъ въ солнечныхъ лучахъ. Это необходимо для устраненія недоразумѣній, происходящихъ вслѣдствіе того, что термину теплота часто придаютъ то значеніе, котораго онъ не имѣетъ. Извѣстно, что солнечные лучи раздѣляютъ на теплородные и свѣтовые. При этомъ легко можетъ составиться представленіе, что движеніе, образующее теплородные лучи, тожественно съ движеніемъ частицъ нагрѣтаго тѣла. Общаго эти оба рода движенія имѣютъ ровно столь-

ко же, сколько имѣютъ общаго понятія, выражаемыя словами: теплота и звукъ, т. е что сущность этихъ двухъ явленій—движеніе. Настолько же было бы справедливо называть родъ движенія, извѣстный подъ именемъ звука, «лучистою теплотою», насколько и обозначать этимъ названіемъ теплородные лучи солнца.

Доказательство вышесказаннаго будетъ приведено ниже, когда уже намъ сдѣлается яснымъ, какое именно движеніе мы подразумѣваемъ подъ словомъ теплота. Теперь будетъ достаточно напомнить вамъ то давно уже доказанное въ физикѣ положеніе, что родъ движенія, называемый «лучистою теплотою», ничѣмъ существеннымъ не отличается отъ того рода движенія, которое мы называемъ свѣтомъ. Различіе тутъ такое же, какъ между лучами краснаго и синяго цвѣта. Оно сводится на слѣдующее: солнечный свѣтъ производитъ неравное колебаніе частицъ эѳира, такъ что въ одно и тоже время различныя частицы совершаютъ разное число колебаній. Каждый рядъ этихъ частныхъ колебаній соотвѣтствуетъ особому лучу, и извѣстно много способовъ для раздѣленія различныхъ лучей; между прочимъ преломленіе свѣта въ призмѣ, послѣ котораго каждый лучъ получаетъ особое направленіе. Извѣстно также, что только тѣ лучи производятъ впечатлѣніе на глазъ человѣка, число колебаній у которыхъ превышаетъ 450 билліоновъ въ секунду. Поэтому только такіе лучи на-

зываютъ свѣтовыми лучами. Напротивъ, лучи съ меньшимъ числомъ колебаній (и такихъ лучей больше) не дѣйствуютъ на сѣтчатую оболочку глаза: ихъ называютъ теплородными лучами. Съ объективной точки зрѣнія тѣ и другіе лучи одинаковы, да и съ субъективной для остальныхъ нашихъ чувствъ въ нихъ разницы нѣтъ. Ощущеніе теплоты въ насъ производятъ нетолько теплородные лучи, но и свѣтовые, если ихъ изолировать изъ общей массы лучей и заставить дѣйствовать въ значительной степени. Но оба рода лучей дѣйствуютъ только посредственно, возбуждая собственно теплоту только въ нашей кожѣ.

Обратимся снова къ тому процессу, который заставилъ насъ сдѣлать это отступленіе, потому что въ немъ происходитъ тоже, что было только-что разсказано.

Если нѣтъ никакого препятствія, то колебанія частицъ эѳира распространяются, т. е. колебанія одного слоя приводятъ въ колебаніе частицы другаго слоя и т. д. Если же дальнѣйшему распространенію лучей мѣшаютъ тѣла, не обладающія способностію пропускать лучи, то колебаніе, достигнувъ поверхности такого тѣла, приводитъ въ движеніе вѣсомыя частицы его; это движеніе вѣсомыхъ частицъ можетъ усиливаться вслѣдствіе вліянія на нихъ новыхъ колебаній частицъ эѳира, но уже движеніе не будетъ далѣе распространяться волнообразно.

Вышеприведенное свойство тѣлъ—непропускать лучи—зависитъ безъ сомнѣнія отъ особыхъ отношеній въ тѣлѣ вѣсомыхъ частицъ къ эѳирнымъ, однимъ словомъ—отъ молекулярнаго строенія тѣла, или отъ аггрегаціи его мельчайшихъ частицъ. Узнать это свойство весьма легко. Если мы тѣломъ съ подобными свойствами преградимъ путь лучей, то позади его лучи уже распространяться не будутъ. Движеніе частицъ эѳира не проникнетъ чрезъ тѣло и не пойдетъ дальше изъ слоя въ слой. Убѣдиться въ этомъ для свѣтовыхъ лучей въ тѣсномъ значеніи — весьма легко: непрозрачное тѣло, преградившее распространеніе лучей, образуетъ позади себя тѣнь.

Можетъ существовать и другой случай: представимъ себѣ эѳиръ расположеннымъ между вѣсомыми частицами тѣла такимъ образомъ, что въ немъ возможно распространеніе колебательнаго движенія и что приэтомъ вѣсомыя частицы тѣла не приводятся въ движеніе; слѣдовательно движеніе эѳира вполнѣ сохраняется. Въ этомъ случаѣ лучи будутъ вполнѣ проходить чрезъ такое тѣло, и, пройдя чрезъ него, будутъ вполнѣ сохранять свою силу.

Дѣйствительно существуютъ тѣла пропускающія лучи и тѣла не пропускающія ихъ. Кусокъ желѣза, помѣщенный на солнечномъ свѣтѣ, бросаетъ позади себя тѣнь. За нимъ уже не замѣтно движенія, называемаго солнечнымъ свѣтомъ. Движеніе это вполнѣ поглощается. Но солнечный свѣтъ, пропущенный чрезъ кусокъ каменной соли сохраняетъ свою силу; слѣдовательно солнечный свѣтъ не приводитъ въ движеніе частицъ каменной соли, потому что дѣйствіе его не ослабѣваетъ. Наоборотъ онъ долженъ привести въ движеніе частицы желѣза, потому что иначе движеніе изчезло бы безслѣдно.

Различие этихъ двухъ случаевъ весьма ощутительно. Каменная соль не нагрѣвается солнечными лучами, а желѣзо нагрѣвается.

Слѣдовательно, и изъ ближайшаго разсмотрѣнія этого процесса, при которомъ тѣло получаетъ свойство сообщать намъ ощущеніе теплоты, мы должны заключить, что теплота есть движеніе; дѣйствительно мы видимъ, что теплота развивается, когда движеніе въ одной изъ своихъ формъ прекращается, и что теплоты не происходитъ, когда движеніе сохраняетъ свою первоначальную форму. Я уже сказалъ, что «звукъ» съ тѣмъ же правомъ можетъ быть названъ лучистою теплотою, съ какимъ обозначаютъ этимъ послѣднимъ названіемъ невидимую часть солнечныхъ лучей. Многимъ, быть можетъ, это показалось невѣроятнымъ; поэтому я подробнѣе разсмотрю этотъ вопросъ, тѣмъ болѣе что при разсмотрѣніи его намъ еще будетъ яснѣе, какимъ образомъ волнообразное движеніе можетъ измѣняться въ теплоту.

Для этой цѣли я приведу одинъ опытъ, который хотя еще и не былъ произведенъ, но безъ ма-

лѣйшаго сомнѣнія, удался бы такъ, какъ я предполагаю. Представимъ себѣ комнату съ толстыми стѣнами; въ двухъ изъ нихъ сдѣланы отверстія для дверей. Одно отверстіе закрыто совершенно упругою сосновою доскою, другое же мѣшкомъ съ опилками. Если въ комнатѣ заиграетъ музыка, то наблюдатель стоящій за сосновою доскою услышитъ ее почти также хорошо какъ и безъ доски.

Слой комнатнаго воздуха, прилегающій къ доскѣ, передаетъ ей свое колебательное движеніе, а доска въ свою очередь передаетъ это движеніе ближайшему къ ней слою воздуха внѣ комнаты, такъ что въ этомъ случаѣ волны распространяются почти безпрепятственно. Частицы доски при этомъ непріобрѣтаютъ движенія.

Другое будетъ съ наблюдателемъ, стоящемъ внѣ комнаты, близь мѣшка съ опилками. Если только стѣна комнаты достаточно толста, то онъ почти вовсе не услышитъ музыки. Вѣроятно всѣмъ вамъ случалось наблюдать подобное. Поэтому-то и вошло во всеобщее употребленіе, при задѣлываніи дверей, выполнять отверстіе ихъ опилками, стружками, паклей, если только желаютъ, чтобы звуки не проходили. Но во что же въ этомъ случаѣ перешло движеніе звучныхъ волнъ, такъ какъ онѣ не распространились далѣе, подобно волнамъ, проникшимъ чрезъ отверстіе, закрытое доскою? Отвѣтъ, безъ сомнѣнія, уже угаданъ вами: движеніе перешло въ теплоту,

развившуюся въ мѣшкѣ съ опилками. Онъ нагрѣлся, тогда какъ упругая доска, передовавшая постоянно движеніе кнаружи, понятно, не нагрѣлась.

Я уже сказалъ, что этотъ опытъ не былъ еще произведенъ до сихъ поръ; еще не было замѣчено, чтобы звукъ нагрѣвалъ непропускающія его тѣла; но нельзя ни минуты сомнѣваться въ томъ, что это нагрѣваніе дѣйствительно происходитъ. Я увѣренъ, что именнно по отсутствію здѣсь всякаго сомнѣнія и не было произведено физиками такихъ опытовъ—тѣмъ болѣе, что опыты эти обставлены немалыми затрудненіями. Я говорю «обставлены немалыми затрудненіями,» потому что дѣйствительно подобнаго рода опыты (конечно въ деталяхъ весьма отличающіеся отъ описаннаго мною) чрезвычайно затруднительны, такъ какъ количество теплоты, развивающейся въ непроницаемомъ для звука тѣлѣ, будетъ, во всякомъ случаѣ, чрезвычайно мало, какъ это можно предвидѣть. Доказать же столь незначительное возвышеніе температуры весьма затруднительно.

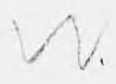
Для того, чтобы на два послѣдніе примѣра, въ которыхъ мы видѣли превращеніе солнечныхъ лучей и звука въ теплоту, взглянуть съ той же точки зрѣнія, какъ и на два первые примѣра, показавшіе намъ образованіе теплоты при приближеніи тяжелаго тѣла къ землѣ и при химическихъ реакціяхъ — для того, чтобы еще яснѣе показать аналогію всѣхъ этихъ примѣровъ—припомнимъ только, что часто, на гла-

захъ нашихъ, уничтоженіе движенія одного тѣла бываетъ причиною возникновенія движенія въ другомъ. Въ передачѣ движенія посредствомъ удара тѣлъ другъ о друга мы имѣемъ нагляднѣйшую причину движенія. Подведемъ же теперь результатъ всего сказаннаго: если мы внимательно разберемъ процессъ, при которомъ происходитъ нагрѣваніе какого-либо тѣла, то всякій разъ увидимъ, что на тѣло дѣйствовала сила, способная причинить движеніе дѣйствовала не производя въ немъ видимаго движенія всей его массы. Въ первомъ случаѣ это было приближеніе тяжелаго тѣла къ земной поверхности, во второмъ—приближеніе взаимнопритягивающихся частицъ сѣрной кислоты и желѣза, въ третьемъ—прекращеніе движенія эфира, въ четвертомъ—прекращеніе движенія частицъ воздуха. Вездѣ мы видѣли, что вмѣсто видимаго движенія появилась теплота, и поэтому мы заключаемъ: «теплота есть особый родъ движенія.»

Можно придти къ этому заключенію и обратнымъ путемъ. Часто на счетъ теплоты происходитъ видимое или осязаемое движеніе. Я приведу только одинъ весьма наглядный случай. Представимъ себѣ сосудъ, въ которомъ заключенъ сгущенный воздухъ; температура его равна температурѣ окружающей среды. Если открыть отверстіе въ сосудѣ, то воздухъ будетъ съ силою выходить весьма замѣтною струею, преодолѣвая сверхъ того давленіе окружающей атмосферы.

Если дѣйствительно произвести подобный опытъ, — а онъ производится весьма часто—то мы замѣтимъ что температура, какъ вытекающаго воздуха, такъ и воздуха, остающагося внутри сосуда, понизилась. Слѣдовательно, пришедши въ движеніе, воздухъ уже содержитъ менѣе теплоты, чѣмъ въ спокойномъ состояніи. Замѣченное нами можно выразить такимъ образомъ: масса получила осязаемое движеніе; вслѣдствіе того теплота исчезла. Никто не задумается вывести отсюда слѣдующее заключеніе: теплота, которая исчезла, была также движеніе; она приняла только другую форму, перейдя въ осязаемое движеніе массъ.

Слѣдовательно и съ противоположной стороны мы приходимъ къ тому же заключенію, именно: теплота есть особый родъ движенія.



Въ слѣдующей лекціи мы разсмотримъ, какое представленіе мы можемъ себѣ составить объ этомъ движеніи, называемомъ теплотою.

ЛЕКЦІЯ ВТОРАЯ.

Выводъ изъ нашей первой лекціи можно формулировать слѣдующимъ образомъ: если какое-либо тѣло при прикосновеніи возбуждаетъ въ насъ ощущеніе теплоты, то частицы его находятся въ состояніи движенія, короче: теплота есть особый родъ движенія. Теперь представляется вопросъ: какой же родъ движенія называется теплотою?

Мы удобнѣе достигнемъ цѣли, если сначала рѣшимъ противоположный вопросъ: какой родъ движенія не есть теплота?

Отвѣтъ на это искать не долго: во всякомъ случаѣ движеніе, называемое теплотою, не представляетъ равномѣрное, параллельное и значительное движеніе большихъ массъ частицъ, лежащихъ рядомъ. Подобный родъ движенія есть поступательное или кругвращательное движеніе массъ, двигающихся какъ одно цѣлое.

Движенія подобнаго рода всегда видимы или ясно ощущаемы, напр. движеніе падающаго камня, вертящагося колеса, текущей воды или дующаго вѣтра. Еслибы теплота была движеніе подобнаго рода, то никто бы никогда не могъ сомнѣваться въ томъ, что она движеніе.

Но теплота не есть также движеніе и такого рода, при которомъ цѣлые ряды частицъ описываютъ хотя и малые—пожалуй даже невидимые—но параллельные и съ равною скоростью совершаемые пути взадъ и впередъ. Въ физикѣ уже давно принимается, что движеніе, при которомъ согласно движутся цѣлые слои частицъ, распространяется волнообразно, т. е. все подобное движеніе опредѣленнаго слоя тѣла въ слѣдующій моментъ переносится на сосѣдній ближайшій слой.

Короче сказать, въ физикѣ извѣстно только два рода подобнаго правильнаго движенія: звукъ и свѣтъ.

Если, такимъ образомъ, слоями и согласно движутся вѣсомыя частицы упругой среды, то происходитъ звукъ, если же частицы эфира—то происходятъ свѣтовыя волны.

За исключеніемъ разсмотрѣнныхъ родовъ движенія, для теплоты остается только слѣдующій: мельчайшія частицы тѣла движутся неправильно по разнымъ направленіямъ, такъ что никогда цѣлыя массы или слои частицъ не приходятъ въ согласное движеніе.

Но и въ этомъ случаѣ возможно много видоизмѣненій. Прежде всего выступаетъ возможность такихъ

двухъ родовъ движенія: вопервыхъ частицы могутъ двигаться поступательно, вовторыхъ—вращаться оставаясь на мѣстѣ. Сюда же слѣдуетъ отнести еще и третій случай: именно, движеніе составныхъ частей частицы. Дѣло заключается въ томъ, что намъ необходимо даже въ простыхъ химическихъ тѣлахъ или элементахъ разсматривать частицу, какъ болѣе или менѣе сложную систему, состоящую изъ атомовъ. Напримѣръ частица водорода состоитъ по крайней мѣрѣ изъ двухъ атомовъ водорода. Кромѣ того въ составъ частицы могутъ входить еще многочисленные атомы эфира, этой гипотетической невѣсомой жидкости, про которую мы уже говорили, и которая, какъ мы должны принять, распространена по всей вселенной.

Еще сложнѣе составлены частицы химическихъ соединеній. Слѣдовательно, во всякомъ случаѣ вѣроятно, что внутри частицы происходитъ движеніе ея составныхъ частей, причемъ онѣ, напримѣръ, поочередно приближаются и удаляются другъ отъ друга.

Весьма вѣроятно и даже, можно сказать, почти навѣрно, всѣ эти три случая движенія постоянно происходятъ одновременно. Другими словами: частицы теплаго тѣла—всѣ тѣла болѣе или менѣе теплы—слѣдовательно частицы всякаго тѣла обладаютъ одновременно троякаго рода движеніемъ: онѣ движутся, вопервыхъ, поступательно, такъ что центръ тяжести

всей частицы никогда неостается на одномъ и томъ же мѣстѣ, хотя, быть можетъ, путь частицъ и ограничивается небольшимъ кругообразнымъ пространствомъ, и частица движется, слѣдовательно, постоянно по одному и тому же пути; вовторыхъ, частицы вращаются около своего центра тяжести и въ третьихъ, атомы частицы колеблятся внутри ея болѣе или менѣе быстро. Но эти движенія, мы опять повторяемъ, совершенно неправильны и случайны, такъ что вообще никогда не движется сразу въ одномъ направленіи цѣлая группа частицъ. Вообще не совпадаютъ для двухъ сосѣднихъ частицъ ни поступательное, ни вращательное, ни атомное движенія, и во всякомъ случаѣ именно поступательное движеніе частицы лишено всякаго заранѣе опредѣленнаго направленія. Далѣе мы не должны себѣ также представлять, что скорость движенія частицъ одинакова. Напротивъ, легко можетъ быть, что въ тотъ же моментъ какъ одна частица пробѣгаетъ длинный путь, недалеко отъ нея другая частица только медленно вращается; тутъ преобладаетъ движеніе составныхъ частей, а тамъ поступательное движеніе.

Въ каждое мгновеніе сцена мѣняется; вслѣдствіе взаимныхъ столкновеній съ разныхъ сторонъ, частицы постоянно мѣняютъ свое движеніе. Но необходимо при этомъ должно въ результатѣ выйти опредѣленное состояніе, при которомъ каждой частицѣ среднимъ числомъ принадлежитъ опредѣленное коли-

чество движенія; оно, въ свою очередь, равномѣрно распредѣляется между тремя родами движенія, именно между поступательнымъ, вращательнымъ и движеніемъ составныхъ частей частицы внутри ея.

Сумма всѣхъ трехъ родовъ движенія частицъ даннаго тѣла и составляетъ то, что мы называемъ количествомъ теплоты въ тѣлѣ.

Для газообразныхъ тѣлъ можно составить болѣе опредѣленное представленіе о движеніи ихъ частицъ, потому что газообразныя тѣла представляютъ намъ матерію при простѣйшихъ условіяхъ. Поэтому изслѣдованіе матеріи въ газообразномъ состояніи и доставило существеннѣйшее основаніе для теперешняго взгляда на ея строеніе. Сущность газообразнаго состоянія заключается, какъ вы можете ежеминутно убѣдиться, въ томъ, что газъ только тогда занимаетъ опредѣленный объемъ, если онъ заключенъ между непроницаемыми стѣнками, на которыя онъ по всѣмъ направленіямъ производитъ давленіе. Чтобы дать вамъ ясное представленіе объ этомъ давленіи, я вамъ напомню объ одномъ опытѣ, который вамъ вѣроятно случалось видѣть. Вообразите каучуковый шаръ, наполненный воздухомъ. Если вы его свободно держите въ рукѣ, то не замѣчаете давленія воздуха внутри его; шаръ давитъ только на поддерживающую его руку, какъ всякое тѣло, подверженное силѣ тяжести. Вверху и съ боковъ шара не замѣтно никакого давленія. Причина этого въ томъ, что окружающая атмосфера съ такою же силою давитъ на внѣшнюю оболочку шара съ какою заключенный въ немъ воздухъ—на внутреннюю.

Удалимъ теперь давленіе наружнаго воздуха, — помѣстивъ шаръ, напримѣръ, подъ колоколъ воздушнаго насоса, изъ подъ котораго выкаченъ воздухъ — тотчасъ обнаружится внутреннее давленіе: воздухъ внутри шара начинаетъ расширяться, растягивая упругую оболочку. Оболочка можетъ даже разорваться, и тогда воздухъ мгновенно наполняетъ все пространство колокола.

Это безграничное стремленіе распространяться можно было бы объяснить тѣмъ, что частицы газа взаимно отталкиваются и поэтому стремятся постоянно разойтись изъ ограниченнаго пространства. Но, по вполнѣ основательнымъ причинамъ, къ ближайшему разсмотрѣнію которыхъ я не могу здѣсь приступить, оказывается, что принятіе существованія въ газовыхъ частицахъ отталкивательной силы ведетъ къ противорѣчію.

Остается, слѣдовательно, объяснить, давленіе газа на окружающія его стѣнки не иначе какъ только движеніемъ его мельчайшихъ частицъ. Мы должны именно принять, что частицы вещества въ газообразномъ состояніи носятся въ пространствѣ совершенно независимо другъ отъ друга. Каждая изъ нихъ движется прямолинейно, пока не встрѣтитъ препятствія, натолкнувшись на другую частицу или на стѣнку сосуда,

причемъ и отражается, подобно упругому шару, по новому направленію. Если мы, слѣдовательно, представимъ себѣ газъ въ свободномъ пространствѣ, гдѣ на него недѣйствуютъ никакія посторонія силы, то частицы его унесутся въ безконечность, по разнымъ направленіямъ.

Давленіе газа на окружающія его стѣнки объясняется, слѣдовательно, частыми ударами въ нихъ частицъ газа, причемъ онѣ подвигаютъ стѣнку, если она не крѣпка; также точно частыми ударами каучуковыхъ мячиковъ можно подвигать твердую но удобоподвижную стѣну. Это, впервые Клаузіусомъ строго проведенное представленіе, о сущности газообразнаго состоянія вполнѣ объясняетъ оба основные законы газообразныхъ тѣлъ: во первыхъ, что при одинаковой температурѣ давленіе газа увеличивается въ той же мѣрѣ, какъ его сжимаютъ, другими словами, что давленіе обратно пропорціонально объему. Нетрудно понять, что удары частицъ о стѣнки будутъ тѣмъ чаще, чѣмъ менѣе пространство, содержащее тоже число частицъ. Но такъ какъ по нашему воззрѣнію число ударовъ въ единицу времени, caeteris paribus, опредѣляетъ давленіе, то оно и должно увеличиваться съ уменьшеніемъ объема.

Еще легче удается объясненіе втораго основнаго закона, по которому давленіе газа возрастаетъ пропорціонально возвышенію температуры. Мы должны теперь принять, что температурою измѣряется среднее количество силы, представляющей поступательное движеніе частицъ. Тогда понятно, что давленіе, если оно зависитъ отъ ударовъ частицъ въ стѣнки, должно увеличиваться отъ увеличенія силы движенія, т. е. отъ температуры, потому что чѣмъ быстрѣе движеніе, тѣмъ частицы чаще и сильнѣе ударяются въ стѣнки.

Идя далѣе тѣмъ же путемъ, легко будетъ опредѣлить понятіе абсолютнаго нуля температуры. Это предметъ до такой степени важный и интересный, и его такъ легко понять въ связи съ предъидущимъ, что я не могу не войти въ краткое разсмотрѣніе этого вопроса.

Извѣстно, что на термометрическихъ шкалахъ температура тающаго льда обозначается 0°, а низшія температуры считаются отрицательно. Это можетъ повести къ мысли, что существуетъ нѣчто противоположное теплотѣ, и что тѣло при температурѣ тающаго льда вовсе не содержитъ въ себѣ теплоты. Такое воззрѣніе было бы ошибочно, потому что и тѣло при 0° можно охладить болѣе, слѣдовательно оно отдаетъ теплоту. Можно, напримѣръ, расплавить замерзшую ртуть, приведя ее въ прикосновеніе со льдомъ. Съ нашей точки зрѣнія мы должны сказать: если тѣло имѣетъ температуру тающаго льда, то его частицы все таки находятся въ движеніи; напр. частицы газа охлажденнаго до 0°, все-таки продолжаютъ двигаться въ разныя стороны. Если, слѣдовательно,

точка замерзанія не есть абсолютный нуль температуры, то вопросъ объ немъ получаетъ совершенно опредѣленный характеръ такого рода: какую температуру можемъ мы приписать тѣлу, если частицы его вовсе не находятся въ движеніи?

Еще точнѣе можно формулировать вопросъ объ абсолютномъ нулѣ температуры слѣдующимъ образомъ: все количество теплоты, заключающееся въ данномъ тѣлѣ при 0°, насколько болѣе того количества теплоты, которое требуется, чтобы нагрѣть это тѣло отъ 0° до 1°? Настолько же градусовъ ниже точки замерзанія и лежитъ обсолютный нуль температуры, потому что при каждомъ отнятіи отъ тѣла этого количества теплоты, я охлаждаю его на одинъ градусъ. Слѣдовательно, если я знаю сколько разъ мнѣ слѣдуетъ отнять это количество теплоты, чтобы въ тѣлѣ ея не осталось, то вмѣстѣ съ тѣмъ я знаю на сколько градусовъ ниже точки замерзанія лежитъ та температура, при которой тѣло не содержитъ болѣе теплоты, т. е. абсолютный нуль температуры.

Это число можно весьма легко вывести изъ зависимости между возвышеніемъ температуры газа и увеличеніемъ вслѣдствіе того давленія. Эта зависимость, опредѣленная опытомъ, слѣдующая: при увеличиваніи температуры на одинъ градусъ стоградуснаго термометра, давленіе газа возрастаетъ на $\frac{1}{273}$ того давленія, которое было при

0°. При пониженіи же температуры на одинъ градусъ, давленіе уменьшается на приведенную величину.

Когда, поэтому, давленіе газа будетъ нуль, то температура его будетъ 273° ниже точки замерзанія. Но такъ какъ давленіе, какъ мы видѣли, есть слѣдствіе движенія, то отсутствіе давленія показываетъ совершенный покой частицы или совершенное отсутствіе теплоты, абсолютный нуль температуры. Онъ лежитъ, слѣдовательно, на 273° ниже точки замерзанія. Другими словами: при температурѣ тающаго льда тѣло еще содержитъ теплоты въ 273 раза больше, чѣмъ сколько необходимо для нагрѣванія того же тѣла на 1 градусъ стоградуснаго термометра.

Послѣ этого отступленія возвратимся снова къ главной темѣ, къ подтвержденію и дальнѣйшему развитію нашихъ взглядовъ о теплотномъ движеніи въ газахъ. Еще прежде я замѣтилъ, что нашимъ воззрѣніемъ объясняются оба основные законы, которымъ подчиняется газообразное состояніе тѣлъ. Но мы можемъ и многія другія существенныя свойства газовъ привести въ связь и объяснить, руководствуясь тѣми же воззрѣніями. Сюда относится, напримѣръ, взаимное смѣшиваніе газовъ. Извѣстно, что два разнородные газа, находясь другъ подлѣ друга, тотчасъ смѣшиваются сами собою, такъ что оба равномѣрно распространяются въ отведенномъ имъ пространствѣ. Это бываетъ даже

въ томъ случаѣ, когда легчайшій газъ находится надъ болѣе тяжелымъ. Нѣтъ такихъ газовъ, которые раздѣлялись бы другъ отъ друга слоями, какъ раздѣляются вода и масло. Если, напримѣръ, водородъ находится надъ углекислотою, которая тяжелѣе его въ 22 раза, то все-таки водородъ распространяется книзу, а углекислота кверху, и по прошествіи короткаго времени сосудъ, въ которомъ были заключены газы, содержитъ совершенно однородную смѣсь обоихъ. Это явленіе вполнѣ согласно съ нашими взглядами, потому что, если частицы газа вообще отстоятъ другъ отъ друга настолько, что не обнаруживаютъ замѣтнаго притягательнаго или отталкивательнаго дѣйствія другъ на друга, то нѣтъ причины почему бы и частицы водорода не могли распространяться между частицами углекислоты, и наоборотъ.

Основываясь на явленіяхъ смѣшиванія газовъ, часто возражали противъ новой теоріи ихъ строенія въ томъ смыслѣ, что по этой теоріи смѣшеніе газовъ должно было бы происходить почти мгновенно. Возраженіе это обусловливается допущеніемъ въ наше воззрѣніе предположенія, что будто-бы частицы газа должны постоянно двигаться впередъ, пока онѣ не ударятся въ стѣнку. Но это не такъ. Гораздо скорѣе слѣдуетъ принять, что частица, пройдя вообще малое пространство, ударится о другую частицу и перемѣнитъ свое направленіе. Поэтому газовыя частицы не могутъ весьма быстро мѣнять свое

мѣсто, и смѣшеніе газовъ потребуетъ всегда нѣкотораго времени: Клаузіусъ, исходя изъ предположенія, что тысячная часть объема какого-либо газа занята его частицами, вычислилъ, что частица газа можетъ среднимъ числомъ пробѣжать прямолинейно, не столкнувшись съ другою, пространство въ 62 раза большее средняго разстоянія между двумя сосѣдними частицами; очевидно это весьма малая величина сравнительно со всѣми видимыми разстояніями.

Уже нѣсколько разъ я упоминалъ, что движеніе, называемое теплотою, не исключительно поступательное, но что отдѣльныя частицы вращаются въ то же время около своего центра тяжести и кромѣ того составныя части ихъ движутся одна относительно другой; дѣйствительно, если-бы вначалѣ и было только поступательное движеніе, то вслѣдствіе многочисленныхъ и часто эксцентрическихъ сталкиваній частицъ должно развиться вращательное и внутреннее частичное движеніе; очевидно также, что вскорѣ должно установиться среднее постоянное отношеніе между количествомъ движенія внутри частицъ и количествомъ поступательнаго движенія.

Одинъ изъ блестящихъ успѣховъ новѣйшаго естествознанія состоитъ въ томъ, что мы можемъ для извѣстныхъ случаевъ численно обозначить это отношеніе между силою поступательнаго движенія и движенія внутри частицъ, не прибѣгая притомъ для вычисленія ни къ какой смѣлой гипотезѣ. Посред-

ствомъ воззрѣній, которыя будутъ не ясны безъ помощи математики и отъ изложенія которыхъ я, поэтому, долженъ отказаться, Клаузіусъ показалъ, что въ простѣйшихъ газахъ сила, выражающая поступательное движеніе частицы, относится къ силѣ, выражающей вращательное движеніе и движеніе внутри частицы, приблизительно какъ 63 къ 37. Другими словами: изъ всего количества движенія, которое представляетъ всю теплоту, заключающуюся въ простомъ газѣ, около 63% употребляются на поступательное движеніе газовыхъ частицъ и около 37% на вращательное движеніе и на движеніе составныхъ частей частицы. Въ болѣе сложныхъ газахъ, частица которыхъ содержитъ болѣе различныхъ составныхъ частей, на движеніе этихъ послѣднихъ идетъ большее количество всего теплотнаго движенія.

Если мы повышаемъ температуру газообразнаго вещества, то, по нашимъ воззрѣніямъ, этимъ мы усиливаемъ частичное движеніе, и притомъ не только поступательное и вращательное движеніе частицъ, но и движеніе атомовъ, составляющихъ частицу.

Отсюда ясно, что если это послѣднее движеніе перейдетъ извѣстный предѣлъ, то связь атомовъ въ частицѣ уничтожится. Если представить себѣ это движеніе, напримѣръ, какъ простое вращеніе, то, при извѣстной скорости его, центробѣжная сила одолѣетъ взаимное притяженіе атомовъ и они от-

падаютъ отъ частицы, подобно тому, какъ при быстромъ вращеніи куска тѣста отлетаютъ отъ него отдѣльныя частички. Если же представить себѣ движеніе внутри частицы такимъ образомъ, что составныя части ея, колеблясь, то отдаляются, то приближаются другъ къ другу, то онѣ тоже, перейдя извѣстную степень силы движенія, разлетятся въ разныя стороны.

Если изложенное въ предыдущемъ справедливо, то теплотою можно разложить всякое химическое соединеніе. Подтвержденіе этого представляетъ намъ прекрасный фактъ новѣйшаго экспериментального естествознанія. Остановимся немного на замѣчательныхъ опытахъ Сенъ-Клеръ-Девилля, которому удалось разложить теплотою многія весьма прочныя химическія соединенія. Онъ назвалъ этотъ процессъ «диссоціаціею», терминъ, который теперь совершенно утвердился въ химіи и физикѣ.

Вода есть одно изъ прочнѣйшихъ соединеній. Каждая частица воды состоитъ изъ одного атома кислорода и изъ двухъ атомовъ водорода, тѣсно къ нему присоединенныхъ. Но какъ ни прочно это соединеніе, оно должно распасться, если взаимное движеніе атомовъ внутри частицы перейдетъ за извѣстный предѣлъ,—когда, другими словами, температура воды (воду слѣдуетъ представлять себѣ при этомъ въ газообразномъ состояніи) достигнетъ извѣстной границы. При такой температурѣ движутся въ простран-

*

ствѣ уже не частицы воды, но отдѣльные атомы кислорода и водорода.

Но какъ намъ въ этомъ убѣдиться?

Конечно нельзя ожидать, чтобы, при охлажденіи, атомы кислорода и водорода остались несоединенными; если они раздѣляются при высокой температурѣ, то вѣроятнѣе, что они соединятся при низшей; дѣйствительно, при дальнѣйшемъ охлажденіи, мы получаемъ воду, но не кислородъ и водородъ. Необходимо, слѣдовательно, произвести раздѣленіе атомовъ кислорода и водорода при высокой температурѣ, и Девилль раздѣлилъ ихъ способомъ, подобнымъ просѣиванію, причемъ остались атомы кислорода болѣе крупные, а прошли мельчайшіе атомы водорода. Ситомъ такого рода служитъ тонкая платиновая пластинка. Если въ сильно накаленную трубку, сдѣланную изъ платиноваго листа пропускать водяной паръ, то изъ другаго конца трубки выходитъ уже не паръ, но, смотря по условіямъ, иногда почти одинъ кислородъ, между тѣмъ какъ атомы водорода, отдѣленные высокою температурою, выходятъ по большей части наружу, чрезъ поры стѣнокъ трубки.

Весьма вѣроятно (хотя и кажется съ перваго взгляда парадоксомъ), что образованіе химическихъ соединеній посредствомъ теплоты основывается на томъ же принципѣ диссоціаціи.

Для примѣра возьмемъ опять воду. Извѣстно, что кислородъ и водородъ могутъ существовать въ смѣси

не входя сами собою въ химическое соединеніе и не образуя воды.

Только когда мы нагрѣемъ эту смѣсь, или часть ея, происходитъ соединеніе каждаго атома кислорода съ двумя атомами водорода, дающее частицу воды, причемъ развивается огромное количество тепла. Дѣло объясняется просто. Кислородный газъ не есть собраніе свободныхъ атомовъ кислорода. Частицу кислорода слѣдуетъ себѣ представлять состоящею изъ двухъ соединенныхъ атомовъ кислорода.

Весьма замѣчательно, кстати сказать, то обстоятельство, что у химиковъ представленіе объ этомъ составилось на основаніи химическихъ фактовъ, и что Клаузіусъ пришелъ къ такому же представленію, основываясь на механической теоріи теплоты, будучи не знакомъ въ то время съ химическими теоріями. Примемъ, что въ дѣйствительности частица кислорода состоитъ изъ двухъ атомовъ кислорода: очевидно, что для образованія частицы воды вначалѣ необходима диссоціація атомовъ кислорода, которая и производится теплотою. Изъ этого видно, какимъ образомъ теплота или частичное сотрясеніе другаго рода, напримѣръ электричество и т. п., могутъ способствовать образованію химическихъ соединеній.

Такъ какъ напряженіе частичнаго движенія неодинаково по всей массѣ газа и для выраженія силы его берется среднее, то отсюда слѣдуетъ, что при извѣстной температурѣ, диссоціація не сразу распро-

страняется на всю массу, но что и при относительно низкихъ температурахъ движенiе составныхъ частей нѣкоторыхъ частицъ можетъ перейти извѣстный предѣлъ и произвести диссоцiацiю, тогда какъ эти же атомы, встрѣтясь въ другомъ мѣстѣ, снова соединятся. Для каждой опредѣленной температуры можетъ существовать опредѣленное среднее отношенiе между постоянно разъединяющимися и соединяющимися атомами, но въ индивидуальномъ отношенiи будетъ существовать между ними постоянный обмѣнъ. Только-что соединившiеся атомы въ слѣдующее мгновенiе могутъ быть разъединены, и наоборотъ. Чѣмъ выше температура, тѣмъ больше атомовъ подвергаются диссоцiацiи и тѣмъ менѣе атомовъ снова соединяются.

Подобный взглядъ на движенiе, называемое теплотою, т. е. что это движенiе бываетъ правильно только въ общихъ чертахъ, между тѣмъ какъ въ частностяхъ оно весьма разнообразно, такъ что одновременно въ одномъ мѣстѣ частица распадается, а въ другомъ, прежде разъединившiеся атомы снова соединяются,— этотъ взглядъ былъ весьма полезенъ для разъясненiя нѣкоторыхъ непонятныхъ химическихъ явленiй. Этимъ путемъ можно, напримѣръ, объяснить то часто наблюдаемое парадоксальное явленiе, что противоположныя химическiя реакцiи могутъ происходить при одной и той же температурѣ, смотря по количеству веществъ, участвующихъ въ процессѣ. Кислородъ, напримѣръ, при одной и той же температурѣ

можетъ быть отдѣленъ отъ водорода посредствомъ желѣза и отъ желѣза посредствомъ водорода, т. е. при одной и той же температурѣ можно разложить желѣзомъ водяной паръ (причемъ образуется окись желѣза), и окись желѣза разложить водородомъ (причемъ образуется вода). Это объясняется съ нашей точки зрѣнiя совершенно просто. Если водородъ, кислородъ и желѣзо находятся вмѣстѣ при извѣстной температурѣ, именно при температурѣ калильнаго жара, то атомы постоянно соединяются и снова разъединяются, такъ что рядомъ съ свободными атомами водорода, кислорода и желѣза получатся и частицы окиси желѣза и воды. При этомъ постоянно будетъ происходить, что атомы кислорода отдѣльныхъ частицъ окиси желѣза будутъ отдѣляться, и что атомы водорода будутъ соединяться съ отдѣлившимися атомами кислорода. Если постоянно удалять образовавшiяся частицы воды и замѣнять ихъ свободными атомами водорода, то, наконецъ, окись желѣза потеряетъ весь кислородъ. Это и будетъ возстановленiе окиси желѣза при накаливанiи въ струѣ водороднаго газа. Если же постоянно удалять атомы водорода, происходящiе вслѣдствiе диссоцiацiи частицъ воды, замѣняя ихъ новыми частицами воды, то наконецъ всѣ атомы желѣза мало по малу соединятся съ атомами кислорода. Это будетъ окисленiе желѣза насчетъ кислорода воды, при накаливанiи въ струѣ водянаго пара.

Уже далеко не столь ясное понятіе мы можемъ составить себѣ о частичномъ движеніи, обусловливаемомъ теплотою въ твердыхъ и жидкихъ тѣлахъ. Съ положительностью можно сказать только одно, что при твердомъ состояніи тѣлъ каждая частица занимаетъ опредѣленное положеніе равновѣсія, изъ котораго она не можетъ быть совершенно выведена безъ того, чтобы тѣло не перестало быть твердымъ. Частица можетъ совершать колебательныя движенія около своего положенія равновѣсія, отъ котораго впрочемъ можемъ удаляться во всѣ стороны лишь незначительно. Что касается до движеній въ самой частицѣ, то, по всей вѣроятности, отдѣльныя частицы кристаллическихъ тѣлъ не могутъ вполнѣ вращаться около своего центра, потому что видъ кристалла очевидно зависитъ отъ того, что частицы по разнымъ направленіямъ оказываютъ другъ на друга различное дѣйствіе.

Жидкое состояніе занимаетъ среднее мѣсто между газообразнымъ и твердымъ; при жидкомъ состояніи хотя частицы и не двигаются совершенно свободно въ пространствѣ, но теплотное движеніе уже настолько сильно, что отдѣльныя частицы не занимаютъ болѣе опредѣленнаго положенія, къ которому онѣ должны были бы возвращаться при движеніи. Этимъ объясняется подвижность свойственная жидкостямъ. Но все-таки въ жидкостяхъ взаимное притяженіе частицъ еще не совершенно уничтожено движеніемъ.

Хотя каждая частица и не занимаетъ опредѣленнаго мѣста около другой, но всѣ онѣ все-таки соединены взаимнымъ притяженіемъ, такъ что вся масса остается въ опредѣленномъ пространствѣ.

Это воззрѣніе на жидкое состояніе тѣлъ было впервые, насколько мнѣ извѣстно, высказано Клаузіусомъ; онъ изложилъ его на публичной лекціи, и я высказалъ его взглядъ его же собственными словами. Изъ этого воззрѣнія можно заключить, что при жидкомъ состояніи тѣлъ частицы блуждаютъ другъ около друга, такъ что каждая частица безпрестанно оставляетъ сферу дѣйствія однѣхъ сосѣднихъ частицъ для того, чтобы перемѣститься въ сферу дѣйствія другихъ сосѣднихъ частицъ.

Это движеніе частицъ жидкостей можно прямо наблюдать подъ микроскопомъ. Занимающимся микроскопическими изслѣдованіями уже давно сталъ знакомъ фактъ, названный ими весьма вѣрно «молекулярнымъ движеніемъ». Онъ открытъ, если я не ошибаюсь, Брауномъ. Если разсматривать въ микроскопъ весьма тонкій порошокъ, помѣщенный въ какую-либо жидкость, то легко замѣтить, что зернышки его обнаруживаютъ неправильное блуждающее движеніе. Движеніе это происходитъ во всякой жидкости, со всякимъ порошкомъ, будетъ ли

то сѣра, уголь, или что-либо другое, если только зернышки порошка достаточно мелки.

Движеніе тѣмъ сильнѣе, чѣмъ выше температура. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ, Винеръ, въ особенномъ сочиненіи, весьма остроумно показалъ, что это явленіе объясняется блуждающимъ движеніемъ частицъ жидкаго тѣла; это движеніе увлекаетъ за собою зернышки извѣстной мелкости. Недавно мнѣ также удалось замѣтить посредствомъ микроскопа прыгающее движеніе мелкихъ частицъ, находящихся въ воздухѣ.

Въ этихъ двухъ случаяхъ мы посредствомъ зрѣнія убѣждаемся, что теплота есть движеніе.

ЛЕКЦІЯ ТРЕТЬЯ.

Изъ всего вышеизложеннаго о сущности теплоты дѣлается понятнымъ ея преимущественное, центральное значеніе во всей экономіи природы. Мы нашли, что теплота представляетъ, такъ сказать, движеніе вообще, если оно только не проявляется исключительно въ особенно правильной формѣ. Отсюда понятно, что теплота должна происходить почти при всѣхъ процессахъ природы, потому что трудно представить себѣ тѣла энергично взаимнодѣйствующія другъ на друга безъ того, чтобы ихъ частицы не пришли въ неправильное движеніе, а это и есть появленіе теплоты.

Опредѣленное количество теплоты, установленное однажды навсегда, по соглашенію, можетъ поэтому весьма удобно служить для общей мѣры силъ природы, подобно тому какъ деньги служатъ мѣрою всевозможныхъ экономическихъ величинъ. Общепринятою

единицею служитъ то количество тепла, которое въ состояніи нагрѣть одинъ килограммъ воды, имѣющей температуру тающаго льда, на одинъ градусъ по стоградусному термометру. Это количество тепла, произвольно выбранное единицей мѣры, по нашимъ воззрѣніямъ, есть ничто иное, какъ извѣстное количество движенія, напримѣръ хоть какъ движеніе семи летящихъ ружейныхъ пуль.

Если желаютъ, въ механическую теорію теплоты и въ ученіе о взаимномъ отношеніи силъ природы, ввести опредѣленность и ясность, то, прежде всего, необходимо вышеприведенную величину выразить ариѳметически, т. е. должно выразить количество движенія, представляющее единицу теплоты, въ обыкновенной механической мѣрѣ.

Эту величину называютъ «механическимъ эквивалентомъ теплоты».

Теперь мы должны прежде всего разсмотрѣть настоящее значеніе этой основной величины и то какимъ образомъ она опредѣляется опытомъ.

Я постараюсь настолько углубится въ этотъ предметъ, насколько это возможно при популярномъ изложеніи. Но замѣчу, что при этомъ придется говорить о самыхъ общихъ и потому самыхъ темныхъ основныхъ понятіяхъ механики, ясно понять которыя не легко.

Прежде всего мы должны задать себѣ вопросъ: какимъ образомъ намъ слѣдуетъ оцѣнивать количество какого-либо движенія и сравнивать его съ количествомъ другаго движенія? Первое само собою выясняется изъ слѣдующаго: если двѣ различныя массы движутся съ одинаковою скоростью, то бóльшая масса обладаетъ бóльшимъ количествомъ движенія; если же двѣ равныя массы движутся съ различными скоростями, то быстрѣе двигающаяся обладаетъ бóльшимъ количествомъ движенія.

Поэтому величина, выражающая мѣру количествъ движенія, должна возрастать какъ отъ скорости, такъ и отъ массы двигающагося тѣла. Произведеніе массы на скорость было бы простѣйшею величиною, удовлетворяющею этимъ условіямъ, но очевидно, что такими же свойствами обладаютъ и многія другія величины, напр. произведеніе массы на какую-либо степень скорости.

Въ началѣ прошедшаго столѣтія возгорѣлся, между просвѣщеннѣйшими умами, сильный споръ объ этомъ предметѣ. Партія картезіанцевъ, на сторонѣ которой былъ и Вольтеръ, написавшій особое сочиненіе объ этомъ предметѣ, принимала мѣрою движенія просто произведеніе массы на скорость. Противники этой партіи, послѣдователи Лейбница, который первый высказалъ раздѣляемый ими взглядъ, принимали за мѣру движенія произведеніе изъ массы на квадратъ скорости. По этому взгляду выходитъ, что если тѣло движется съ удвоенною скоростью, то оно обладаетъ четвернымъ количествомъ движенія. Этого

взгляда придерживались и два великихъ математика Бернулльи. Послѣдователи Лейбница назвали это произведеніе изъ массы на квадратъ скорости «живою силою». Далѣе, при случаѣ, и мы будемъ употреблять это названіе, но вмѣстѣ съ нимъ будемъ также обозначать то же понятіе словами: количество движенія, мѣра или величина движенія, потому что эти слова, какъ я думаю, нагляднѣе выражаютъ предметъ. Мы должны при этомъ сознаться, что отступаемъ отъ истиннаго значенія механическихъ терминовъ, потому что въ механикѣ подъ названіемъ «величина движенія» подразумѣваютъ нѣчто другое. Часто называли споръ между картезіанцами и послѣдователями Лейбница споромъ о словахъ, а не о дѣлѣ. Я не могу согласиться съ этимъ мнѣніемъ, хотя оно и имѣетъ за себя авторитетъ д'Аламбера.

Дѣйствительно, трудно допустить, чтобы такіе люди, какъ Лейбницъ, Вольтеръ, Бернулльи, упорно спорили десятки лѣтъ, не замѣчая того, что все дѣло въ недоразумѣніи, если бы дѣйствительно только недоразумѣніе тутъ существовало. Но я полагаю, что весьма легко указать предметъ бывшій центромъ спора. Движеніе не можетъ безслѣдно исчезать изъ міра. Если же движеніе посредствомъ какихъ-либо силъ все или частію передается отъ одной массы на другую, не производя при этомъ никакого посторонняго дѣйствія или измѣненія, то легко заключить a priori, что количество движенія послѣ передачи будетъ то же

самое, что и прежде. Согласно съ этимъ должно судить о количествѣ движенія, и сообразуясь съ этимъ основнымъ положеніемъ, Картезій и Лейбницъ предполагали выбрать каждый свою мѣру движенія. Тутъ споръ не о словахъ: съ одной стороны, Картезій говоритъ, что произведеніе массы на скорость передается при измѣненіи или при передачѣ движенія, а съ другой стороны Лейбницъ утверждаетъ, что произведеніе массы на квадратъ скорости передается при перенесеніи движенія, если только движеніемъ не производится при этомъ никакого другаго дѣйствія; это прибавленіе никакъ не слѣдуетъ упускать изъ виду. Это былъ споръ о дѣлѣ, и Лейбницъ былъ правъ, т. е. мѣра движенія или живая сила есть, собственно, половина произведенія массы на квадратъ скорости. По этому, если напр. камень летитъ съ удвоенною скоростью, то онъ обладаетъ не двойнымъ, но четвернымъ количествомъ движенія.

Но эта мѣра движенія, въ тоже время, непосредственно представляетъ мѣру причины, произведшей движеніе. Непосредственная причина начинающагося движенія состоитъ вообще въ томъ, что тѣло поддается дѣйствію силы, которая на него дѣйствуетъ. Для обозначенія этого процесса, у насъ существуетъ весьма выразительный терминъ: «работа». Названіе это напоминаетъ, что мы производимъ движенія во внѣшнемъ мірѣ дѣятельностью или работою нашихъ мускуловъ; совершенно въ порядкѣ

вещей, что этотъ процессъ мы считаемъ мѣриломъ во всей механикѣ, потому что онъ единственный, при которомъ мы внутренно можемъ сознать, какимъ образомъ происходитъ движеніе.

Я полагаю, что трудное понятіе о механической работѣ уясняется всего болѣе сравненіемъ съ тѣмъ, что мы называемъ тѣлесной работой. Сюда относится прежде всего усиліе, т. е., физіологически говоря, напряженіе мускуловъ, или, выразивъ механически, извѣстная сила. Это напряженіе, которымъ обусловливается извѣстная сила или стремленіе, одно еще не составляетъ работы. Но посредствомъ напряженія можно произвести и какое-либо измѣненіе. Если мы, напримѣръ, съ большимъ напряженіемъ упремся въ совершенно неподвижный камень, то сколько бы мы ни усиливались, мы не произведемъ никакой работы, потому что мы ничего не измѣнимъ внѣ насъ. Но еслибы камень сдвинулся вслѣдствіе напряженія нашихъ мускуловъ, то работа была бы произведена, и очевидно, тѣмъ бóльшая, чѣмъ далѣе сдвинутъ камень и чѣмъ бóльшаго усилія требовалось на это. Слѣдовательно, работа нашихъ мускуловъ измѣряется силою ихъ напряженія и протяженіемъ пути, по которому эта сила дѣйствуетъ.

Мы видимъ, что движеніе тѣла постоянно ускоряется, если мы влечемъ его силою нашихъ мускуловъ чрезъ извѣстное пространство и если только этому движенію не противодѣйствуютъ другія силы;

тѣло наконецъ пріобрѣтаетъ живую силу, пропорціональную напряженію или работѣ, которыя были на него потрачены. Такъ напр. мы можемъ сообщить камню значительную скорость и, вмѣстѣ съ нею, значительную живую силу, если, взявъ его въ руку, опишемъ имъ горизонтальную дугу, соотвѣтственно напрягая ручные мускулы. Если мы, подъ конецъ движенія, камень выпустимъ, то онъ улетитъ со скоростью пріобрѣтенною вслѣдствіе работы. Скорость очевидно тѣмъ болѣе, чѣмъ болѣе была работа, т. е. чѣмъ сильнѣе было сокращеніе мускуловъ и чѣмъ далѣе былъ путь камня, въ продолженіи котораго дѣйствовало это сокращеніе мускуловъ.

Единица мѣры для каждой давящей или тянущей силы есть единица вѣса—килограммъ. Единица мѣры пройденнаго пути есть метръ; единица мѣры для количества работы есть произведеніе единицы вѣса на единицу линейной мѣры. Эту новую единицу обозначаютъ названіемъ килограммометръ.

Работа, измѣренная такимъ образомъ, выражаетъ въ тоже самое время и количество произведенной ею живой силы, если только примемъ въ основаніе употребляющіяся въ механикѣ единицы метрической системы, т. е. единицею времени будемъ считать секунду, единицею линейной мѣры—метръ, единицею скорости—метръ въ секунду, единицею силы—килограммъ, единицею массы—такую массу, которая пріобрѣтаетъ единицу скорости, если на нее дѣйствуетъ

единица силы въ продолженіи единицы времени; если такая масса состоитъ изъ вѣсомой матеріи, то она вѣситъ 9,88 килограммовъ.

Если мы, говорю я, примемъ въ основаніе эти единицы, то число единицъ работы выразитъ въ тоже время число единицъ живой силы, происходящей вслѣдствіе этой работы, и наоборотъ.

Живая сила и работа поэтому величины однородныя, которыя можно складывать и вычитать другъ изъ друга.

Работою, т. е. положительнымъ дѣйствіемъ силы, если масса уступаетъ дѣйствію силы, производится до нея не существовавшая живая сила или движеніе. Наоборотъ, движеніе или живая сила уничтожается, если масса двигается въ направленіи противоположномъ тому, по которому дѣйствуетъ сила. Математически этотъ процессъ можно назвать отрицательной работой.

Уяснимъ себѣ этотъ процессъ на примѣрѣ, основанномъ на употребленіи силъ нашего собственнаго тѣла. Представимъ себѣ, что тяжелый шаръ падаетъ съ большою скоростью, и мы ловимъ его протянутыми впередъ руками. Если мускулы нашихъ рукъ, служащіе для ихъ подниманія, будутъ напряжены, то шаръ лишь незначительно понизитъ наши руки, но въ тоже время потеряетъ свою живую силу и останется въ покоѣ. Въ этомъ случаѣ живая сила изчезла

оттого, что тѣло (шаръ) и рука (дѣйствующая на него сила) имѣли противоположныя движенія.

Я хочу теперь попробовать, съ помощію добытыхъ нами воззрѣній, дать вамъ представленіе о принципѣ сохраненія силъ.

Представимъ себѣ двѣ массы въ двухъ различныхъ мѣстахъ; на нихъ дѣйствуетъ взаимная сила притяженія по направленію соединяющей ихъ линіи; напряженность ея опредѣляется только разстояніемъ между двумя массами. Это случай такъ-называемой «центральной силы».

Въ этомъ случаѣ, какъ скоро массы сблизились, каждая часть работы, доставленной силою массамъ, теряется, т. е. работа не можетъ тутъ сдѣлаться опять положительной; она была бы такою, еслибы массы снова отдалились другъ отъ друга. Но для того чтобы послѣднее случилось нужно, чтобы массы двигались въ сторону противную дѣйствующей силѣ, при чемъ величина ихъ движенія уменьшалась бы, сообразно элементарнымъ и доступнѣйшимъ a priori принципамъ динамики, которыя я старался сдѣлать для васъ наглядными.

Для двухъ пунктовъ нахожденія массъ, между которыми дѣйствуетъ притягательная центральная сила, существуетъ, при опредѣленномъ разстояніи, опредѣленный запасъ работы, который истощился при совершенномъ совпаденіи обоихъ пунктовъ. Если массы приближаются другъ къ другу съ опредѣленнаго разстоянія, и при этомъ тратится извѣстная часть

запаса всей работы, то живая сила массъ увеличивается на такую же часть. Наоборотъ, если массы отдаляются другъ отъ друга, слѣдовательно двигаются противоположно дѣйствующей силѣ, тогда живая сила уменьшается, но за то, очевидно, возрастаетъ запасъ работы.

Слѣдовательно, при дѣйствіи массъ другъ на друга, сумма запаса работы и живой силы—не измѣняется.

Вообразимъ себѣ теперь систему, состоящую изъ болѣе нежели двухъ массъ, центры которыхъ мы назовемъ a, b, c, и т. д.; между ними дѣйствуютъ тоже центральныя силы.

При извѣстномъ взаимномъ положеніи, во всей системѣ предсуществуетъ извѣстный запасъ работы, состоящій изъ той работы, которую можетъ доставить сила между a и b до полнаго столкновенія массъ, и изъ той, которую доставитъ сила между a и c, между b и c и т. д. Предсуществующія въ системѣ живыя силы очевидно увеличатся, если взаимное положеніе центровъ массъ измѣнится такимъ образомъ, что запасъ работы будетъ меньше, потому что тогда силы уже произвели работу, а произвеведенная работа заключаетъ въ себѣ уже причину движенія. При противоположномъ измѣненіи относительнаго положенія массъ, сумма живыхъ силъ будетъ менѣе, но запасъ возможной работы болѣе, такъ какъ разстояніе массъ сдѣлается значительнѣе. Мы видимъ, слѣдовательно, что и въ цѣлой системѣ взаимно притягивающихся массъ сумма запаса возможной работы и предсуществующихъ живыхъ силъ не можетъ мѣняться при взаимномъ только дѣйствіи массъ системы, т. е. безъ посторонняго дѣйствія извнѣ.

Если весь міръ представляетъ подобную систему массъ, которыя дѣйствуютъ другъ на друга только центральными силами, то предсуществующія живыя силы и запасъ возможной работы представляютъ, для всей вселенной, постоянную неизмѣняемую навсегда величину, такъ какъ во вселенной вліяніе извнѣ не мыслимо. Всѣ процессы въ мірѣ могутъ состоять въ этомъ случаѣ только въ томъ, что движенія, т. е. живыя силы принимаютъ различныя формы, или что тамъ, гдѣ движеніе прекращается, образуется, вслѣдствіе этого новый запасъ работы, или, наконецъ, что запасъ возможной работы издерживается для произведенія новаго движенія.

Это есть принципъ сохраненія силы. Одна изъ главныхъ цѣлей современнаго естествознанія состоитъ въ томъ, чтобы эмпирически доказать безъисключительную; общую примѣнимость этого принципа. Чрезвычайная важность этого доказательства заключается въ слѣдующемъ: если вселенная представляетъ систему массъ, дѣйствующихъ другъ на друга только центральными силами, то принципъ сохраненія силы имѣетъ здѣсь приложеніе. Математически доказано, что это вѣрно и наоборотъ, т. е. если принципъ сохра-

ненія силы существуетъ, то вселенная представляетъ систему массъ, которыя движутся подъ вліяніемъ однѣхъ центральныхъ силъ, т. е. всѣ силы въ мірѣ сводятся на притягательныя и отталкивательныя, дѣйствующія по направленію линіи, соединяющей центры взаимнодѣйствующихъ массъ, и напряженность этихъ силъ зависитъ только отъ взаимнаго разстоянія обоихъ центровъ.

Въ этомъ можно убѣдиться и безъ математическихъ формулъ, просто посредствомъ соображенія. Дѣйствительно, представимъ себѣ, что существуютъ двѣ массы, которыя не дѣйствуютъ другъ на друга центральными силами, но что на нихъ дѣйствуютъ силы по направленію перпендикулярному къ линіи, соединяющей центры обѣихъ массъ. Такія силы очевидно сообщатъ массамъ круговое движеніе, которое, чѣмъ далѣе, тѣмъ будетъ быстрѣе, причемъ относительное положеніе массъ не измѣнится. Подобная вращающая сила представляла бы неистощимый запасъ работы. Но она бы дала также возможность безслѣднаго исчезновенія живой силы. Еслибы, именно, одна масса вращалась около другой противъ направленія силы, то движенія ея замедлялись бы, но она не могла бы измѣнить своего положенія относительно другой массы. Слѣдовательно, еслибы существовали въ мірѣ не центральныя, а другія, напр. вращающія силы, то принципъ сохраненія силы не могъ бы имѣть мѣста.

Первое весьма важное эмпирическое подтвержденіе этого принципа мы находимъ въ экспериментальномъ опредѣленіи тѣхъ величинъ, которыя мы приняли за основаніе нашихъ воззрѣній; я подразумѣваю механическій эквивалентъ единицы теплоты. Разсмотримъ ближе нѣкоторые изъ классическихъ опытовъ, произведенныхъ Джаулемъ для этой цѣли.

Джауль помѣщалъ въ цилиндрическій сосудъ колесо съ лопатками. Около вертикальной оси его былъ намотанъ шнурокъ, который, проходя по блоку, оканчивался гирей. Тяжестью гири, слѣдовательно, колесо могло быть приведено въ движеніе наподобіе того какъ гиря приводитъ въ движеніе механизмъ стѣнныхъ часовъ. Если цилиндръ, въ которомъ вертится колесо съ лопатками, наполнить жидкостью, то движеніе колеса не ускоряется постоянно, хотя опускающаяся тяжесть и работаетъ безпрерывно, т. е. хотя на движеніе колеса и дѣйствуютъ постоянно новыя причины движенія. Треніе лопатокъ колеса о воду замедляетъ движеніе, и потому оно не ускоряется. Такимъ образомъ объясняютъ это явленіе въ общежитіи. Но мы, основываясь на вышесказанномъ, можемъ опредѣлительнѣе сказать, въ чемъ оно состоитъ.

Причина, которая, при другихъ обстоятельствахъ, производила бы ускореніе движенія гири и другихъ соединенныхъ съ нею частей — въ этомъ случаѣ производитъ невидимое неправильное дви-

женіе частицъ воды, т. е. теплоту. Если принципъ сохраненія силы вполнѣ сюда приложимъ, то опредѣленное количество работы, т. е. опредѣленное число килограммометровъ должно всякій разъ развить одно и то же опредѣленное количество теплоты, не зависящее отъ особыхъ условій опыта, напр. отъ матеріала, изъ котораго сдѣлано колесо, и отъ жидкости, въ которой оно вращается. Это, дѣйствительно, доказано Джаулемъ посредствомъ вышеописаннаго опыта. Съ одной стороны онъ опредѣлялъ вѣсъ тяжести и высоту, которую она проходитъ. Произведеніе обоихъ чиселъ даетъ количество произведенной работы. Съ другой стороны онъ опредѣлялъ количество теплоты, развившейся въ жидкости, въ которой вращается колесо. Дѣйствительно, Джауль, при всѣхъ опытахъ, находилъ постоянное отношеніе между произведенною работою и развившейся отъ нея теплотою; каждая единица теплоты развивается, круглымъ числомъ, вслѣдствіе 424 килограммометровъ работы.

Чтобы ясно понять это основное отношеніе, представимъ себѣ случай опыта съ опредѣленными, хотя и воображаемыми числами. Положимъ, что въ сосудѣ, въ которомъ вращается колесо, содержится 5 килограммовъ воды, что тяжесть, приводящая въ движеніе колесо, вѣситъ 212 килограммовъ, и что она во время опыта опустилась на 1 метръ; при такихъ обстоятельствахъ температура воды возвысится на 0,1°. Количество теплоты, возвысившее температуру

пяти килограммовъ воды на 0,1°, очевидно представляетъ половину единицы теплоты, потому что это количество тепла въ пять разъ болѣе того количества, которое возвышаетъ температуру одного килогр. на $^1/_{10}$°; но это послѣднее число и есть $^1/_{10}$ принятой нами единицы тепла.

Работа, произведенная опусканіемъ 212 килогр. на одинъ метръ, составляетъ 212 килограммометровъ. Слѣдовательно, столько работы потребовалось для развитія $^1/_2$ единицы теплоты; для развитія цѣлой единицы теплоты потребуется, значитъ, 424 килограммометра.

При этомъ случаѣ будетъ, быть можетъ, полезно убѣдиться, что опредѣленное число килограммометровъ, напр. 212, дѣйствительно представляетъ всегда одно и то же количество работы, и что оно всегда есть произведеніе изъ двухъ фактровъ — силы и протяженія пути. Заставимъ ли мы, напр., 212 килогр. опуститься на 1 метръ, или 424 килогр. на $^1/_2$ метра, или 106 килогр. на 2 метра, работа всегда будетъ одна и та же. Это легко вывести изъ приведеннаго нами случая. Мы представили себѣ, что тяжесть въ 212 килогр. виситъ на веревкѣ, которая навита на ось колеса съ лопатками. Очевидно, что на эту ось можно произвести то же дѣйствіе, если на ней укрѣпить зубчатое колесо, зубцы котораго входили бы между зубцовъ другаго колеса, такого же діаметра, укрѣпленнаго на оси

вдвое меньшаго діаметра; но при этомъ необходимо, чтобы къ веревкѣ, которою обвита послѣдняя ось, была прикрѣплена тяжесть двойнаго вѣса, т. е. 424 килогр.; тогда только первая ось будетъ вращаться съ прежнею силою. Въ этомъ случаѣ, гиря въ 424 килогр. пройдя пространство на половину меньшее, чѣмъ гиря въ 212 килогр., все-таки заставитъ колесо вращаться съ такою же скоростью. Слѣдовательно, помощью 212 килограммометровъ можно вращать колесо съ извѣстною быстротою, въ продолженіи извѣстнаго времени, пользуясь опусканіемъ 212 килограммовъ на 1 метръ, или опусканіемъ 424 килогр. на $^1/_2$ метра. Употребляя другія приспособленія, очевидно, можно получить тотъ же результатъ т. е. 212 килограммометровъ работы, заставляя 106 килогр. опускаться на 2 метра и т. д.

Опыты подобнаго рода, при которыхъ необходимы многочисленныя предосторожности и поправки, были произведены Джаулемъ, при употребленіи различныхъ матеріаловъ, и всегда оказывался приблизительно одинъ и тотъ же результатъ. Онъ также производилъ такіе опыты, при которыхъ ускореніе падающей тяжести замедлялось треніемъ (твердыхъ тѣлъ другъ о друга). И въ этомъ случаѣ, конечно въ предѣлѣ возможныхъ ошибокъ, получилось то же самое число для механическаго эквивалента теплоты.

Взглянемъ теперь на опыты Джауля съ точки зрѣнія принципа сохраненія силы. По этому принципу,

сумма пріобрѣтенной живой силы и запаса работы, которая можетъ быть произведена, есть число постоянное во всемъ мірѣ. Въ приведенномъ нами опытѣ, запасъ работы, который могъ быть произведенъ, уменьшился, потому что гиря опустилась съ извѣстной высоты, т. е. потому, что двѣ массы, гиря и земля, притягивающія другъ друга, приблизились. Слѣдовательно, если упомянутая сумма осталась та же, то запасъ живой силы долженъ былъ увеличиться. Въ нашемъ опытѣ, опустившаяся тяжелая масса не получила живой силы, которая бы соотвѣтствовала произведенной работѣ, и потому мы должны искать этого увеличенія живыхъ силъ — движенія — въ чемъ-либо иномъ, и мы его находимъ въ увеличеніи количества теплоты въ водѣ, въ которой вращалось колесо. Изъ многочисленныхъ опытовъ Джауля мы видимъ, что, дѣйствительно, опредѣленное количество теплоты развивается вслѣдствіе опредѣленнаго количества работы, и что, слѣдовательно, единица теплоты представляетъ, во всѣхъ случаяхъ, опредѣленную мѣру живой силы.

Сегодня я вѣроятно васъ утомилъ отвлеченными разсужденіями, и однако не увѣренъ, удалось ли мнѣ дать ясное понятіе о принципѣ сохраненія силы. Все-таки я надѣюсь сдѣлать этотъ принципъ еще болѣе яснымъ помощью тѣхъ примѣровъ, къ изложенію которыхъ я приступлю въ слѣдующей лекціи.

ЛЕКЦІЯ ЧЕТВЕРТАЯ

Мы занимались до сихъ поръ почти исключительно теплотою. Причина этому та, что наши новѣйшія воззрѣнія на соотношеніе силъ природы развились преимущественно изъ ученія о теплотѣ. Поэтому весьма цѣлесообразно излагать ихъ вмѣстѣ съ ученіемъ о теплотѣ. Но уже намъ часто случалось, при изложеніи взглядовъ о сущности теплоты, сталкиваться со многими дѣятелями природы. Намъ стоитъ только соединить разсѣянныя въ нашемъ изложеніи указанія, прибавить къ нимъ нѣсколько новыхъ чертъ, и мы будемъ имѣть передъ собою картину соотношенія силъ природы—картину настолько ясную, насколько это вообще нынѣ возможно.

Разсмотрѣніе измѣренія количествъ теплоты посредствомъ механическаго измѣренія силы привело насъ къ основному принципу естествознанія — къ принципу сохраненія силы. Разсмотримъ те-

перь взаимное отношеніе силъ природы, съ этой основной точки зрѣнія. Въ виду чрезвычайной важности предмета, позвольте мнѣ еще разъ объяснить принципъ сохраненія силы. Въ этомъ принципѣ заключается слѣдующая мысль: сила можетъ проявляться въ природѣ въ двухъ существенно различныхъ формахъ, и вопервыхъ—въ формѣ живой силы или движенія.

Мы знаемъ, что мѣрою живой силы, при опредѣленномъ движеніи, служитъ половина произведенія изъ массы на квадратъ скорости. Эта же сила, вовторыхъ, можетъ проявляться въ формѣ «возможной» работы, или, какъ выразился Гельмгольцъ, въ формѣ «энергіи». Возможная работа или энергія является, если имѣется возможность извѣстному давленію дѣйствовать чрезъ извѣстное протяженіе. Чѣмъ болѣе, вслѣдствіе особаго расположенія тѣлъ, возможно такого дѣйствія, тѣмъ больше запасъ возможной работы или энергіи. Если тѣла дѣйствуютъ другъ на друга только притягательнымъ или отталкивательнымъ образомъ, по направленію соединяющей ихъ линіи, то, какъ мы видѣли, запасъ возможной работы долженъ уменьшаться въ той же степени, въ какой усиливается произведенное движеніе, и наоборотъ. Если, слѣдовательно, весь міръ состоитъ изъ тѣлъ, дѣйствующихъ другъ на друга только притягательно или отталкивательно, то всѣ процессы могутъ состоять только въ томъ, что одна и таже сила принимаетъ различныя формы;

именно, что движеніе превращается въ запасъ возможной работы, а возможная работа снова въ движеніе. Особенно замѣчательный случай состоитъ здѣсь въ томъ, что извѣстное количество движенія превращается вначалѣ въ возможную работу, въ энергію, которая дѣйствуетъ на другія массы, какъ причина движенія.

Если это происходитъ непосредственно одно за другимъ, и притомъ такимъ образомъ, что все первоначальное движеніе снова проявляется въ той же формѣ, то этотъ процессъ представляетъ передачу движенія одной массы на другія. Но при этомъ движеніе можетъ принимать и другую форму, напр. изъ видимаго движенія сталкивающихся массъ можетъ произойти частичное движеніе, изъ поступательнаго—колебательное и т. д.

Съ этой точки зрѣнія мы разсмотримъ теперь важнѣйшіе роды извѣстныхъ процессовъ. Въ продолженіи нашихъ занятій, мы коснулись многаго того, что теперь только разовьемъ полнѣе. Такимъ образомъ, еще въ первой лекціи мы видѣли, что при химическомъ соединеніи двухъ тѣлъ происходитъ теплота. Съ усвоенной нами точки зрѣнія мы можемъ теперь сказать: при подобныхъ химическихъ процессахъ уменьшается существующій въ мірѣ запасъ возможной работы, но за то увеличивается запасъ живой силы, въ особенности — запасъ теплоты. Дѣйствительно, представимъ себѣ, напр., атомъ углерода и въ нѣкоторомъ разстояніи отъ него два атома кислорода. Мы

должны принять, что между ними и атомомъ углерода существуетъ притяженіе, которое дѣлается сильнымъ— и даже весьма сильнымъ—только при очень маломъ разстояніи; пока атомы кислорода отдалены отъ атома углерода, до тѣхъ поръ существуетъ запасъ возможной работы или сумма ихъ энергій; но какъ только атомы кислорода притянулись атомомъ углерода и соединились съ нимъ, образовавъ углекислоту, то этого запаса работы болѣе не существуетъ. Слѣдовательно, если только принципъ сохраненія силы имѣетъ мѣсто, то или долженъ былъ произойти новый запасъ работы, или долженъ былъ увеличиться запасъ живыхъ силъ. Обыкновенно бываетъ послѣднее; такъ, при сгораніи угля, развивается теплота. Если принципъ сохраненія силы вполнѣ приложимъ къ этому случаю, то, при сгараніи опредѣленнаго количества угля, должно развиваться опредѣленное количество теплоты, независимо отъ предшествующихъ обстоятельствъ, если только при химическомъ процессѣ не произошло никакого другаго дѣйствія, кромѣ развитія теплоты.

Именно, при полномъ сгораніи опредѣленнаго количества угля должно освобождаться всегда одно и то же количество тепла, независимо отъ того, произойдетъ ли это сгораніе сразу, или съ остановками, напр. такъ, что вначалѣ образуется окись углерода и затѣмъ уже углекислота.

Эти положенія подтверждены точными опытами;

мы знаемъ, что при сгораніи одного килограмма углерода всякій разъ происходитъ, круглымъ числомъ, 8000 единицъ тепла. Мы имѣемъ, слѣдовательно, въ этомъ случаѣ, эквивалентность между химическою работою и развивающеюся теплотою, какъ въ томъ случаѣ, который мы подробно разсмотрѣли въ послѣдней лекціи.

Эта же самая эквивалентность должна оказаться, когда, наоборотъ, химическое соединеніе разлагается теплотою. Въ этомъ случаѣ происходитъ запасъ энергіи, такъ какъ массы, обладающія взаимнымъ притяженіемъ, должны отдалиться другъ отъ друга; сообразно съ этимъ, при такомъ процессѣ, и теплота должна поглощаться.

На этомъ частію основывается, быть можетъ, общеизвѣстное свойство лѣсовъ — прохлада. Она не обманъ чувствъ; солнечная теплота идетъ частью на разложеніе углекислоты въ листьяхъ и потребляется

При сложныхъ химическихъ процессахъ происходитъ обыкновенно и то и другое: съ одной стороны притяженіе преодолѣвается, и происходитъ запасъ возможной работы, съ другой стороны частицы притягиваются и происходитъ живая сила, химическая работа. Отъ точнаго количественнаго опредѣленія величины этихъ работъ слѣдуетъ ожидать, по всей вѣроятности, значительныхъ успѣховъ химіи въ ближайшемъ будущемъ.

Другое отношеніе теплоты, котораго уже мы коснулись ранѣе, состоитъ въ происхожденіи теплоты изъ волнообразно-поступательнаго, колебательнаго движенія частицъ эфира; для краткости я буду называть это движеніе свѣтомъ, даже и въ тѣхъ случаяхъ, когда оно не производитъ впечатлѣнія на глазъ. Тутъ опять-таки зависимость взаимная: подобно тому, какъ теплота развивается въ тѣлѣ вслѣдствіе дѣйствія лучей, также точно и наоборотъ нагрѣтое тѣло испускаетъ лучи, и при этомъ охлаждается. Весьма понятно, какимъ образомъ это происходитъ: частицы тѣла, расположенныя на поверхности, необходимо должны, при своемъ движеніи, сообщить его и частицамъ эфира; при безконечномъ разнообразіи движенія частицъ, не можетъ не быть и такого движенія, которое способно произвести появленіе правильныхъ волнъ въ эфирѣ. Чѣмъ сильнѣе движеніе въ нагрѣтомъ тѣлѣ, тѣмъ быстрѣйшія колебанія передаются имъ эфиру. Поэтому, при извѣстной температурѣ тѣла, оно начинаетъ испускать между прочими и такіе лучи, число колебаній частицъ которыхъ болѣе нежели 450 билліоновъ въ секунду и которые поэтому производятъ на насъ впечатлѣніе свѣта. Въ этомъ случаѣ, какъ обыкновенно говорятъ, тѣло накаливается.

Превращеніе свѣта въ теплоту и теплоты въ свѣтъ представляетъ только передачу движенія отъ одного вещества другому, но не измѣненіе его въ энергію,

или наоборотъ. При этой передачѣ также существуетъ эквивалентность, но она не съ такимъ удобствомъ выражается числами, потому что мы не можемъ точнымъ образомъ измѣрить свѣтъ, и потому что свѣтъ самъ постоянно передаетъ движеніе другимъ веществамъ. Эквивалентность эту можно формулировать такъ: лучи свѣта извѣстнаго напряженія, падая впродолженіи единицы времени на поверхность даннаго тѣла, которое не отражаетъ и не пропускаетъ ихъ, должны развить въ данномъ тѣлѣ извѣстное количество тепла, соотвѣтствующее напряженію лучей. Возьмемъ численный примѣръ: солнечные лучи, дѣйствуя впродолженіи одной минуты на квадратный дециметръ земной поверхности, поглощающей эти лучи, развиваютъ въ ней, по изслѣдованіямъ Пулльe, около 0,4 единицъ теплоты.

Подобное же взаимное отношеніе существуетъ между теплотою и механическою работою въ тѣсномъ значеніи этого слова. Мы разсмотрѣли уже подробно это отношеніе въ одномъ направленіи. Мы видѣли, что, вслѣдствіе механической работы, развивается теплота. И наоборотъ, теплота можетъ переходить въ механическую работу. Отличнымъ примѣромъ для этого могутъ намъ служить паровыя машины; подробности процесса, происходящаго при этомъ, мы можемъ представить себѣ слѣдующимъ образомъ. Частицы пара въ цилиндрѣ движутся свободно, по всѣмъ направленіямъ, также какъ и частицы всякаго

газообразнаго тѣла. Тѣ частицы, которыя ударяются о подвижную стѣнку, т. е. о поршень—двигаютъ его, но возвращаются уже съ меньшею скоростью, чѣмъ если бы онѣ отразились отъ совершенно неподвижной стѣнки. Это заключеніе согласуется съ такимъ множествомъ ежедневнхъ наблюденій, что оно понятно каждому само собою. Мы часто видимъ, что упругое тѣло, отразившись отъ другаго тѣла совершенно твердаго и неподвижнаго, возвращается съ тою же скоростью, какою оно обладало до удара. Если же оно, при ударѣ, привело въ движеніе то тѣло, о которое ударилось, то возвращается назадъ уже съ меньшею скоростью; можетъ случиться также, что оно, послѣ передачи движенія, совершенно останется въ покоѣ. Все это доказывается извѣстнымъ физическимъ опытомъ съ шарами изъ слоновой кости, и наконецъ извѣстно каждому игравшему на билліардѣ.

Слѣдовательно, частицы пара, приводя въ движеніе поршень паровой машины, теряютъ часть собственнаго движенія, т. е. теплота исчезаетъ. Но а то или увеличивается запасъ механической работы, такъ какъ тяжесть удаляется отъ земли, или цѣлыя массы приводятся въ механическое движеніе. Очевидно, что и къ этому случаю долженъ вполнѣ прилагаться тотъ же самый механическій эквивалентъ теплоты, т. е. для произведенія работы въ 424 килограммометра должна потратиться единица теплоты.

*

Другой замѣчательный примѣръ превращенія теплоты въ механическое видимое движеніе представляетъ намъ выстрѣлъ. Частицы нагрѣтыхъ газообразныхъ продуктовъ сгоранія пороха давятъ на пулю и вытѣсняютъ ее изъ дула. Хотя сами частицы и чрезвычайно малы, но онѣ ударяются о пулю такъ часто и такъ сильно, что она наконецъ пріобрѣтаетъ ту огромную скорость, съ которою вылетаетъ изъ дула, и которой обязана своимъ разрушительнымъ дѣйствіемъ. Но частицы продуктовъ сгоранія пороха сами должны потерять при этомъ столько движенія, сколько движенія онѣ сообщили пулѣ. Другими словами, при свободномъ сожженіи заряда пороха, должно развиться болѣе теплоты, чѣмъ при сожженіи того же заряда въ ружьѣ съ пулею.

Метеорологическія явленія на поверхности земли представляютъ намъ громаднѣйшій примѣръ превращенія теплоты въ запасъ механической работы и затѣмъ въ движеніе массъ. Дѣйствительно, ни что иное какъ теплота поднимаетъ огромныя количества воды въ высочайшія пространства, откуда они снова падаютъ на землю въ видѣ дождя или снѣга, который между прочимъ скопляется на вершинахъ горъ. Поднятая масса воды низвергается съ вершинъ въ долины, въ видѣ потоковъ и ручьевъ, съ силою разрушающею мало-помалу цѣлыя горы, и такая исполинская сила текущей воды есть ни что иное, какъ теплота, принявшая другую форму.

Выразимъ еще разъ, въ краткихъ словахъ, добытый нами результатъ. Мы видѣли, что теплота можетъ превращаться въ механическое движеніе или въ запасъ механической работы, и что, наоборотъ, теплота можетъ развиваться, вслѣдствіе механической работы. Свѣтъ можетъ превращаться въ теплоту, а теплота въ свѣтъ. Теплота можетъ развиваться при химическихъ процессахъ, и наоборотъ, помощію теплоты, можетъ скопляться запасъ химической энергіи.

Слѣдовательно, при посредствѣ теплоты, производя механическую работу, мы можемъ разлагать химическія соединенія, т. е. увеличивать запасъ силы химическаго сродства; мы можемъ также производить свѣтъ, посредствомъ химической работы, мы можемъ, наконецъ, превращать свѣтъ въ химическую энергію или въ механическое движеніе, и наоборотъ. Короче, мы можемъ извѣстное количество каждаго изъ названныхъ дѣятелей т. е. теплоты, свѣта, химической энергіи, механической энергіи или механическаго движенія—превратить въ соотвѣтствующее эквивалентное количество какого-либо другаго изъ этихъ же дѣятелей; и можемъ совершенно наглядно слѣдить за происходящимъ при этомъ процессомъ, съ помощію въ высшей степени вѣроятныхъ гипотезъ.

Предметъ становится темнѣе, если мы пожелаемъ подвести подъ наши взгляды еще двухъ дѣятелей природы, именно электричество и магнетизмъ, о ко-

торыхъ съ намѣреніемъ мы ничего не говорили до сихъ поръ. Прежде всего слѣдуетъ остеречься отыскиванія количественной эквивалентности въ отношеніяхъ электричества и магнетизма къ теплотѣ, механической работѣ и т. д. Опредѣленное количество электричества не есть извѣстное количество движенія или запасъ предсуществующей работы. Точно также какое-либо количество магнетизма не есть величина такого же рода, какъ извѣстное количество теплоты и т. п.

Что такое извѣстное количество магнетизма или электричества — этого мы не можемъ опредѣлительно сказать. Хотя и существуютъ на этотъ счетъ гипотезы, весьма удовлетворяющія проблемѣ при математическомъ формулированіи ея, но мнѣ кажется, что онѣ не выражаютъ дѣйствительной сущности предмета.

Хотя извѣстное количество электричества само по себѣ не представляетъ ни живой силы, ни энергіи, но все-таки можно установить отношеніе его къ этимъ силамъ слѣдующимъ образомъ: если тѣло, заряженное извѣстнымъ количествомъ положительнаго электричества, находится на данномъ разстояніи отъ тѣла, заряженнаго такимъже количествомъ отрицательнаго электричества, то существуетъ извѣстный запасъ работы, совершенно подобной работѣ механической: а именно, эти два тѣла взаимно притягиваются, и потому движутся другъ къ другу ускорительно, если только ихъ уединить отъ дѣйствія другихъ силъ. Слѣдовательно

извѣстное количество положительнаго электричества и такое-же количество отрицательнаго электричества, удаленныя болѣе или менѣе другъ отъ друга, производятъ такое же явленіе, какъ и какое-либо тяжелое тѣло, болѣе или менѣе удаленное отъ земли; между этими двумя случаями существуетъ, слѣдовательно, также отношеніе эквивалентности.

Тоже самое имѣетъ мѣсто и при магнетизмѣ, но только здѣсь надо принять въ разсчетъ и направленіе, въ которомъ удаляютъ сѣверной полюсъ отъ южнаго. Опредѣленное напряженіе магнита ни въ какомъ случаѣ не можетъ служить мѣрою силы, употребленной на его приготовленіе. Такъ напр. гораздо болѣе требуется работы для намагничиванія стальной полосы, чѣмъ для намагничиванія въ такой-же степени полосы желѣзной. Вообще же работа, употребленная при намагничиваніи и стальной и желѣзной полосъ, превращается не въ магнетизмъ, а въ теплоту.

Наконецъ, электрическій токъ опредѣленной силы, проходящій впродолженіи извѣстнаго времени, ни въ какомъ случаѣ не эквивалентенъ опредѣленному количеству живой силы или работы. Пропусканіе такого тока чрезъ различные проводники требуетъ весьма различной работы,—большей въ дурныхъ и меньшей въ хорошихъ проводникахъ.

Также нельзя говорить, что химическая работа превратилась въ электричество или электрическое

движенie, если электрическiй токъ возбуждался въ теченie нѣкотораго времени химическою работою. Эквивалентъ издержанной химической энергiи постоянно проявится тутъ въ какой-либо другой формѣ—въ формѣ теплоты, свѣта, механической работы, механическаго движенiя массъ, или снова въ формѣ запаса химической энергiи, скопившагося гдѣ-либо въ другомъ мѣстѣ.

Вопросъ — что такое составляетъ сущность электрическаго тока—принадлежитъ къ темнѣйшимъ вопросамъ естествознанiя, хотя въ наукѣ и въ техникѣ постоянно употребляется электричество, и мы совершенно умѣемъ управлять имъ, и хотя математическая теорiя электрическихъ токовъ и ихъ дѣйствiя развита до высокой степени совершенства. Явленiя электричества и теперь еще покрыты той же тайной, какъ въ первое время ихъ открытiя.

Дѣйствительно, не загадочно ли—даже, можно сказать, не поразительно ли слѣдующее явленie, которое мы всѣ имѣли случай наблюдать сотни разъ? Десять элементовъ Данiэля собраны въ одну батарею; къ цинку и мѣди прикрѣплены проволоки, къ которымъ придѣланы платиновыя пластинки; только что опускаемъ мы эти пластинки въ воду, тотчасъ начинается разложенie ея, причемъ на платиновой пластинкѣ, соединенной съ мѣдью, отдѣляются пузырьки кислорода, а на пластинкѣ, соединенной съ цинкомъ, пузырьки водорода; кромѣ того и вода и проводящiя токъ проволоки разогрѣваются. Въ этомъ случаѣ химическое дѣйствie какъ бы переносится по проволокѣ на далекое разстоянie. Таковъ дѣйствительно этотъ фактъ. Въ элементахъ Данiэля развивается химическая работа, такъ какъ цинкъ реагируетъ съ сѣрною кислотою, а между платиновыми пластинками наоборотъ накопляется химическая энергiя и ея работа тратится на раздѣленie кислорода отъ водорода. Процессъ прекращается, какъ только перерѣзать проволоку въ какомъ-либо мѣстѣ.

Къ этому таинственному процессу вполнѣ прилагается принципъ сохраненiя силы, что весьма точнымъ образомъ доказано экспериментальнымъ путемъ. Химическая работа, происходящая въ элементахъ Данiеля, эквивалентна суммѣ, состоящей изъ химической энергiи, потраченной на разложенie воды, и изъ теплоты, развившейся на всемъ протяженiи пути тока. Всѣ эти три фазиса работы, изъ которыхъ первый равенъ суммѣ двухъ остальныхъ, могутъ быть выражены въ единицахъ теплоты. Извѣстно, сколько теплоты развивается при реакцiи одного грамма цинка съ сѣрною кислотою. Если же эта реакцiя происходитъ въ элементахъ гальванической батареи, то не вся сила освобождается въ видѣ теплоты; часть ея употребляется на разложенie воды.

Прилагаемость принципа сохраненiя силы доказана экспериментальнымъ путемъ и для цѣлаго ря-

да другихъ процессовъ, въ которыхъ электричество играетъ посредничествующую роль. Это относится къ одному изъ первыхъ опытовъ Джауля, служившихъ для опытнаго доказательства принципа сохраненія силы и основанныхъ на томъ, что вслѣдствіе химической работы происходитъ механическая работа при посредствѣ электричества и магнетизма. Я намѣренъ коротко изложить планъ этого опыта, потому что при этомъ дѣлаются наглядными разнообразныя отношенія электричества и магнетизма къ другимъ силамъ природы.

Вамъ извѣстно, что кусокъ желѣза пріобрѣтаетъ магнитныя свойства, если обвить вокругъ него проволоку и по ней пропускать токъ; смотря по направленію тока въ проволокѣ, мѣняется и положеніе полюсовъ въ кускѣ желѣза, такъ что извѣстный конецъ желѣза можно, по произволу, обращать то въ сѣверный, то въ южный полюсъ. Если къ такому куску желѣза приблизить полюсъ подвижнаго стальнаго магнита, то онъ будетъ поперемѣнно притягиваться и отталкиваться отъ желѣза, если только постоянно измѣнять направленіе тока въ проволокѣ, обвивающей желѣзо. Произведенное такимъ образомъ механическое движеніе магнита можно измѣнить въ другую форму, напр., въ форму вращательнаго движенія оси, на которой навитъ снурокъ съ тяжестью. Такимъ образомъ можно скоплять запасъ механической работы. Къ тому же можно все устроить такъ, что ходомъ

самой машины будетъ измѣняться направленіе тока въ проволокѣ, подобно тому какъ въ паровой машинѣ, ея собственнымъ ходомъ, отпираются и запираются клапаны, на что расходуется весьма мало работы.

Въ такой электромагнитной машинѣ, увеличеніе запаса механической работы, подниманіемъ тяжести, очевидно происходитъ на счетъ работы химической, имѣющей мѣсто въ элементахъ гальванической батареи, посредствомъ которыхъ и дѣйствуетъ машина. Но при этомъ, кромѣ вышеупомянутаго запаса механической энергіи, развивается свободная теплота въ самыхъ элементахъ, въ проволокахъ и, наконецъ, въ желѣзѣ, которое намагничивается. Если измѣрить все количество развивающейся такимъ образомъ теплоты, и прибавить къ нему теплотный эквивалентъ механической работы, доставляемой машиною, то получится т о ж е с а м о е количество теплоты, которое далъ бы химическій процессъ, совершающійся въ элементахъ баттареи, еслибы онъ не производилъ никакого другаго дѣйствія.

Можно также и наоборотъ, посредствомъ электричества, превратить механическую энергію въ теплоту или въ запасъ химической работы. Стоитъ только къ свернутой въ спираль проволокѣ поперемѣнно приближать и отдалять полюсъ магнита. При этомъ развиваются въ проволокѣ электрическіе токи, которые ее нагрѣваютъ; если пропускать эти токи чрезъ приборъ для разложенія воды, то вода разлагается,

и, слѣдовательно, мы видимъ, что посредствомъ электричества производится запасъ химической энергіи.

Остановимся на нашихъ примѣрахъ. Мы уже достаточно убѣдились, обозрѣвъ важнѣйшіе физическіе и химическіе процессы, что всѣ силы природы—движеніе массъ, тяжесть, теплота, свѣтъ, электричество, магнетизмъ, химическое срдоство—что всѣ эти силы могутъ быть превращены одна въ другую, вполнѣ подчиняясь закону сохраненія силъ.

Въ слѣдующей лекціи, мы увидимъ, что и нашъ собственный организмъ вовсе не представляетъ, какъ долгое время думали, что-то особенное, не подчиняющееся общимъ законамъ природы, но что въ немъ тоже происходитъ взаимное превращеніе силъ.

ПЯТАЯ ЛЕКЦІЯ.

Во всемъ мірѣ нѣтъ ничего, въ чемъ бы, на такомъ маломъ пространствѣ, правильно совершалось столько процессовъ, въ чемъ бы постоянно дѣйствовали различныя силы въ столь опредѣленныхъ, подчиненныхъ извѣстнымъ закономъ формахъ, какъ въ органическихъ существахъ, а особенно—въ организмахъ высшихъ животныхъ. Явленія, наблюдаемыя въ организмахъ, настолько отступаютъ отъ явленій, происходящихъ внѣ ихъ, что всегда склонны были къ принятію существованія въ живыхъ организмахъ особенныхъ силъ. Нѣсколько лѣтъ тому назадъ говорили—и еще теперь кое гдѣ говорятъ—о существованіи особенной жизненной силы, которою обусловливается движеніе веществъ въ организмахъ. Поставимъ себѣ задачею рѣшить—необходимо ли, для объясненія явленій жизни въ организмахъ, принимать существованіе осо-

бенной «жизненной силы», недѣйствующей въ неорганической природѣ.

Безъ сомнѣнія, я нисколько не преувеличу, если скажу, что никто изъ защитниковъ особенной жизненной силы не сознаетъ ясно. что онъ собственно защищаетъ.

Мы не можемъ ихъ упрекнуть за это, потому что т лько недавно естествознаніе развилось до той степени, какъ я это старался показать въ предшествующихъ лекціяхъ. Только основываясь на высказанныхъ взглядахъ, можно ясно себѣ представить, что такое слѣдуетъ понимать подъ особенною жизненною силою, которая совершенно исключена изъ неорганической природы, и дѣйствуетъ только въ живыхъ организмахъ.

Представимъ себѣ атомъ какого-либо тѣла, напр. атомъ углерода. Представимъ себѣ, что этотъ атомъ окруженъ другими, напр. атомами водорода, кислорода и т. д., находящимися въ совершенно опредѣленныхъ положеніяхъ относительно перваго. По развитымъ нами выше взглядамъ, выходитъ, что на атомъ углерода будетъ дѣйствовать совершенно опредѣленная сила, которая будетъ тянуть его по опредѣленному направленію и сообщитъ ему извѣстное количество движенія, сообразно протяженію пройденнаго пути. Послѣ этого, для принятія существованія особенной жизненной силы, несходной съ прочими силами, необходимо допустить слѣ-

дующее: если какая-либо часть живаго организма представляетъ выше приведенное расположеніе атомовъ, то атомъ углерода можетъ притягиваться съ другою силою или по другому направленію, а не такъ какъ онъ долженъ притягиваться, судя по расположенію окружающихъ его атомовъ, потому что жизненная сила должна же влiять какимъ-либо образомъ на другія силы, увлекая которые-либо изъ атомовъ по какому-либо новому направленію.

Далѣе, сумма живыхъ силъ, происходящая въ опредѣленной группѣ, взаимно-притягивающихся атомовъ, должна быть въ живомъ организмѣ отлична отъ происходящей въ неорганической природѣ, когд въ послѣдней взаимнодѣйствуетъ та же самая группа атомовъ. Все это — необходимое слѣдствіе принятія существованія особенной жизненной силы. Если она представляетъ нѣчто дѣйствительно существующее, то ею должна производиться работа въ частицахъ вещества живаго организма. При этомъ очевидно возможны два случая. Если жизненная сила дѣйствуетъ въ томъ же направленіи, какъ и другія силы, то работа ея прибавляется къ работѣ другихъ силъ, и, при встрѣчѣ взаимно притягивающихся атомовъ, должно произойти болѣе движенія; если же она дѣйствуетъ по противоположному направленію, то она должна уменьшить количество движенія.

Для примѣра возьмемъ превращеніе винограднаго сахара, посредствомъ сгоранія, въ углекислоту и воду.

Одинъ килогр. сахара состоитъ изъ 400 граммъ углерода, 66 граммъ водорода и 534 граммъ кислорода. Если это количество сахара сжигать при достаточномъ доступѣ воздуха, то водородъ и кислородъ вступаютъ въ болѣе тѣсное соединеніе и образуютъ 600 грам. воды, между тѣмъ какъ 400 грам. углерода притягиваютъ изъ воздуха еще 1066 грам. кислорода и соединяются съ нимъ, образуя углекислоту. При этомъ работа, произведенная химическою энергіею, освободитъ всего около 3277 единицъ тепла. Примемъ теперь, что сгораніе сахара въ углекислоту и воду, при доступѣ кислорода, происходитъ внутри нашего организма,—этотъ процессъ дѣйствительно въ немъ совершается, и если жизненная сила имѣетъ на него вліяніе, то изъ 1 килогр. винограднаго сахара должно произойти или менѣе, или болѣе единицъ теплоты, чѣмъ 3277. Въ самомъ дѣлѣ, принимая это, мы только допускаемъ, что жизненная сила или способствовала притяженію кислорода къ углероду, т. е. дѣйствовала по одному направленію съ силою притяженія, или замедляла его т. е. дѣйствовала въ направленіи противоположномъ этому притяженію; слѣдствіемъ этого дѣйствія будетъ большее или меньшее развитіе теплоты, сравнительно съ теплотою развивающейся при дѣйствіи однѣхъ химическихъ силъ внѣ организма. Это же самое прилагается и ко всѣмъ прочимъ процессамъ, совершающимся въ животныхъ и человѣческомъ организмахъ.

Отсюда видно, какое важное значеніе имѣютъ попытки опредѣлить приходъ и расходъ силъ въ живомъ организмѣ. Къ сожалѣнію эти усилія до сихъ поръ не привели къ главной цѣли,—къ числовымъ даннымъ, выражающимъ обмѣнъ силъ организма съ силами внѣшняго міра; изъ этихъ данныхъ можно было бы заключить съ полнымъ основаніемъ, что не существуетъ никакой особенной силы, присущей только однимъ живымъ организмамъ. Основаніе для такого заключенія было бы дано, еслибы удалось доказать экспериментальнымъ путемъ, что въ живомъ организмѣ происходитъ и передается во внѣшній міръ (въ формѣ теплоты, или въ какой-либо иной формѣ), не болѣе и не менѣе живой силы, сколько должно было произойти вслѣдствіе химическихъ реакцій внутри организма. Къ сожалѣнію, цѣль эта еще далеко не достигнута, но судя по опытнымъ изслѣдованіямъ въ этомъ направленіи, мы не имѣемъ никакаго повода считать жизненныя явленіями противорѣчащими принципу сохраненія силы. Я перейду теперь къ краткому изложенію того, какимъ образомъ, при настоящемъ состояніи нашихъ физіологическихъ знаній, слѣдуетъ себѣ представлять главные моменты обмѣна силъ живого организма съ внѣшнимъ міромъ.

Первые опыты, касающіеся этого предмета были произведены Дюлонгомъ и Депрэ. Они помѣщали маленькихъ животныхъ, напр. кроликовъ, въ калориметръ; по прошествіи извѣстнаго времени опредѣляли теп-

лоту, выдѣленную животнымъ, и измѣряли количество поглощеннаго кислорода и выдѣлившейся при дыханіи углекислоты. Дюлонгъ и Депрэ принимали при этомъ, что весь поглощенный кислородъ идетъ, съ одной стороны, на образованіе углекислоты, вслѣдствіе окисленія углерода, и, съ другой стороны, на образованіе воды, вслѣдствіе сгоранія водорода. Они принимали далѣе, что это сгораніе происходитъ непосредствено за вдыханіемъ и что образовавшаяся углекислота тотчасъ же выдѣляется легким . Основываясь на этихъ предположеніхъ, легко опредѣлить сколько кислорода пошло на образованіе воды: для этого стóитъ только изъ всего количества вдохнутаго кислорода вычесть то его количество, которое заключается въ выдѣленной легкими углекислотѣ.

Далѣе Дюлонгъ и Депрэ предполагали, что, при образованіи извѣстнаго количества углекислоты или при образованіи извѣстнаго количества воды, развивается постоянно опредѣленное количество тепла, будетъ ли углéродъ или водородъ находиться въ свободномъ состояніи или входить въ составъ сложнаго соединенія. Основываясь на этомъ, можно вычислить, по даннымъ опыта, потраченную химическую энергію и сравнить съ полученнымъ числомъ количество, дѣйствительно происшедшей въ животномъ, живой силы.

Это послѣднее должно измѣряться количествомъ теплоты, поглощеннымъ калориметромъ во время опыта, такъ какъ запасъ теплоты, удерживаемой живот-

нымъ по окончаніи опыта, равняется тому запасу, который былъ при началѣ его, потому что температура тѣла высшихъ животныхъ постоянна. Слѣдовательно, вся живая сила, происшедшая во время опыта, должна быть извѣстна. Она являлась въ опытахъ Дюлонга и Депрэ только въ видѣ теплоты, потому что животное не совершало никакихъ движеній. Вычисленіе данныхъ, полученныхъ въ опытахъ Дюлонга и Депрэ, привело къ неожиданному результату—именно, что животное болѣе выдѣляетъ теплоты, чѣмъ можно было предположить, судя по продуктамъ выдыханія. Въ опытахъ Депрэ только около $^4/_5$ всего количества теплоты, поглощенной калориметромъ, можно было объяснить образованіемъ углекислоты и воды. Въ опытахъ же Дюлонга только $^3/_4$ всего количества происшедшей теплоты можно было объяснить сгораніемъ.

Слѣдовательно, судя по этимъ опытамъ, оказывается, что равновѣсіе не существуетъ: трата силъ въ формѣ теплоты значительно превосходитъ ихъ запасъ, пріобрѣтаемый въ формѣ химической энергіи. Выходитъ, слѣдовательно, что въ организмахъ существуетъ еще другой источникъ силъ, кромѣ химическаго, состоящаго въ притяженіи кислорода къ углероду и водороду.

Должно ли намъ отсюда вывести заключеніе, что дѣйствительно существуетъ жизненная сила, работа которой происходитъ въ томъ же направленіи какъ и работа химическихъ силъ, такъ что при образо-

*

ваніи въ организмѣ единицы вѣса углекислоты или воды, происходитъ болѣе движенія, т. е. теплоты, чѣмъ при образованіи этихъ соединеній внѣ организма? Очевидно, мы не въ правѣ сдѣлать такое заключеніе. Прежде чѣмъ допустить исключеніе изъ общаго принципа естествознанія, необходимо провѣрить тѣ предположенія, на которыхъ Дюлонгъ и Депрэ основали свои выводы.

Дѣйствительно, легко доказать, что эти предположенія не выдерживаютъ критики. Въ особенности это относится къ третьему изъ нихъ. Никакъ нельзя ожидать, чтобы при образованіи 1 грамма углекислоты всегда освобождалось одно и то же количество тепла, будетъ ли углеродъ находиться въ свободномъ состояніи, или въ соединеніи съ другими тѣлами. Понять это теперь мы можемъ безъ всякаго затрудненія. Прослѣдимъ, напр., образованіе 44 граммъ углекислоты, сжигая 30 гр. сахара посредствомъ 32 гр. кислорода. Кислородъ соединится съ 12 гр. углерода, заключающимися въ сахарѣ, но при этомъ можетъ произойти болѣе значительная работа, чѣмъ при соединеніи 12 граммовъ свободнаго углерода съ 32 гр. кислорода. Явленіе это будетъ, напр. имѣть мѣсто, если атомы кислорода и водорода, заключающіеся въ сахарѣ, находятся въ менѣе тѣсномъ соединеніи, чѣмъ въ водѣ которая образуется при сгораніи. Дѣйствительно, по опытамъ Франкланда, при сгораніи 30 гр. продажнаго винограднаго сахара, образуется 98 единицъ

теплоты, несмотря на то, что сахаръ содержитъ минеральныя примѣси, тогда какъ при сгораніи 12 гр. углерода образуется только 96 единицъ теплоты.

Разсмотрѣвъ это, мы уже не видимъ необходимости заключать, изъ опытовъ Дюлонга и Депрэ, о существованіи особой жизненной силы, работающей въ организмахъ вмѣстѣ съ жизненной силой. Въ то же время мы видимъ, что изслѣдованіе прихода и расхода силъ въ высшемъ организмѣ вовсе не такая простая вещь, какъ думали Дюлонгъ и Депрэ; для этого необходимо знать нетолько, какое количество углекислоты и воды образовалось на счетъ свободнаго кислорода, но и какія именно соединенія подвергались реакціямъ въ организмѣ, во время нашего опыта, и всѣ, а не нѣкоторые, продукты этихъ реакцій. Необходимо знать также, сколько теплоты освободилось бы, если бы тѣ же соединенія подвергались тому же превращенію внѣ организма. Это количество теплоты и слѣдовало бы сравнить съ теплотою развиваемою организмомъ.

До сихъ поръ не было сдѣлано опытовъ, удовлетворяющихъ этимъ требованіямъ; поэтому, если мы желаемъ попытаться судить о приходѣ и расходѣ силъ въ человѣческомъ организмѣ, то должны пока пополнить предположеніями пробѣлы нашего фактическаго знанія. Обратимся къ воспринятію силъ организмомъ. Оно состоитъ въ томъ, что химическая энергія частицъ пищи и поглощеннаго изъ воздуха кислорода производитъ, при соединеніи этихъ частицъ,

извѣстную работу. Если опредѣлить эту истраченную химическую энергію, то необходимо сравнить воспринятіе и выдѣленіе вещества, чтобы судить о томъ, какія соединенія существовали въ организмѣ. Такъ какъ мы при этомъ во многомъ основываемся только на предположеніяхъ, то я, при вычисленіи принятыхъ и выдѣленныхъ веществъ, не остановлюсь на индивидуальномъ случаѣ, но приведу среднія числа различныхъ опредѣленій. Взрослый человѣкъ, вѣсомъ около 70 килогр., принимаетъ впродолженіи 24 часовъ, при хорошей пищѣ, среднимъ числомъ, слѣдующія вещества: въ видѣ пищи и питья около 117 гр. бѣлковыхъ веществъ, 120 гр. жира, 263 гр. крахмала или сахара, 2627 гр. воды и 19 гр. солей. Къ этому же слѣдуетъ присоединить около 713 гр. кислорода, принятаго вдыханіемъ изъ воздуха. Элементы принятыхъ веществъ выдѣляются въ совершенно другой группировкѣ. Въ высшей степени вѣроятно, что жиръ и крахмалъ вполнѣ сгораютъ, за исключеніемъ небольшаго остатка жира, около 4 грам., который отлагается подъ кожей. Образующаяся при этомъ углекислота выдѣляется чрезъ легкія, а образующаяся вода, смотря по обстоятельствамъ, выдѣляется чрезъ легкія, чрезъ кожу или чрезъ почки, въ видѣ мочи. Часть принятыхъ бѣлковыхъ веществъ проходитъ чрезъ пищевые пути, хотя и измѣняясь, но весьма мало, и выдѣляется въ видѣ составной части испражненій. Химическіе процессы,

которыми обусловливается измѣненіе питательныхъ веществъ въ эти выдѣленія, по всей вѣроятности, могутъ быть не принимаемы въ разсчетъ, потому что упомянутые процессы весьма мало энергичны. Такимъ образомъ мы тотчасъ можемъ вычесть, изъ всего количества бѣлковыхъ веществъ, около 30 граммъ ихъ, которыя проходятъ организмъ почти измѣняясь. Остатокъ, состоящій изъ 87 гр. бѣлковыхъ веществъ, подвергается неполному сгоранію, продукты котораго, съ одной стороны, суть углекислота и вода, а съ другой стороны, различныя, весьма богатыя азотомъ соединенія—преимущественно мочевина—составляющія главную массу твердыхъ составныхъ частей мочи.

Благодаря опредѣленіямъ Франкланда, мы теперь въ состояніи вычислить сколько теплоты отдѣляется при этихъ процессахъ, если они совершаются внѣ живаго организма. По этимъ опредѣленіямъ, при сгораніи 1 гр. бѣлка до степени образованія мочевины освобождается 4,3 единицъ тепла, при полномъ сгораніи 1 гр. бычачьяго жира освобождается 9 единицъ тепла, а при полномъ сгораніи 1 гр. крахмала—около 4 единицъ тепла. Взявъ въ основаніе вышеприведенныя количества, получаемъ слѣдующую сумму, выражающую воспринятіе силъ въ единицахъ тепла:

при разложеніи	81	гр.	бѣлк. вещ.	348	един. тепла
» »	116	»	жира	1044	» »
» »	263	»	крахмала	1052	» »
			Сумма......	2444	» »

Какимъ образомъ относится къ этому приходу трата силъ человѣка? Мы разсмотримъ тотчасъ простѣйшій случай, при которомъ сила передается другимъ тѣламъ только въ формѣ теплоты. Насколько мнѣ извѣстно, мы не обладаемъ другими калориметрическими опытами съ человѣческимъ организмомъ, кромѣ опытовъ Гирна, произведенныхъ въ Кольмарѣ, за 10 лѣтъ предъ этимъ. Онъ нашелъ, что люди, которыхъ онъ употребилъ для своихъ опытовъ, отдавали въ продолженіи часа, въ состояніи бдѣнія, около 158 единицъ теплоты. Есть причина предполагать, что во время сна развитіе теплоты значительно менѣе, чѣмъ во время бдѣнія; примемъ, что во время сна развитіе теплоты на половину меньше. Если далѣе принять, что время сна въ сутки составляетъ 8 часовъ, то изъ опытовъ Гирна выйдетъ, что трата силъ взрослаго человѣка составляетъ около 3166 единицъ тепла. Правда, это число довольно значительно разнится отъ 2444 единицъ тепла, выражающихъ количество воспринятыхъ силъ, но если принять во вниманіе неточность вычисленія, зависящую отъ возможности многочисленныхъ ошибокъ, то придется согласиться, что слѣдуетъ удовлетвориться и этимъ отдаленнымъ сходствомъ обоихъ чиселъ и быть довольнымъ, что разница между ними еще не болѣе.

Живая сила происходящая въ человѣческомъ организмѣ, обнаруживается не только въ формѣ теплоты.

Въ нашемъ организмѣ существуетъ особое приспособленіе — мускулы — посредствомъ котораго можно превращать химическую энергію въ движеніе массъ или въ запасъ механической работы, подобно тому, какъ въ паровыхъ или электро-магнитныхъ машинахъ. Мы постоянно имѣемъ передъ глазами тотъ фактъ, что мускулами производятся механическія дѣйствія — движеніе массъ или поднятіе тяжестей, и при настоящемъ состояніи знаніи не подлежитъ сомнѣнію, что тутъ происходитъ только переходъ одной силы въ другую, но не происхожденіе новой силы.

Такъ какъ мы не въ состояніи подтвердить вполнѣ, путемъ точнаго опыта, принципъ сохраненія силы въ отношеніи къ животному организму даже въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ дѣло касается отдѣленія организмомъ одной только теплоты, то понятно, что это удается еще менѣе въ тѣхъ болѣе сложныхъ случаяхъ, когда обнаруживаніе силъ организмомъ происходитъ въ двѣ стадіи: вначалѣ развивается теплота, а затѣмъ теплота переходитъ во внѣшнее механическое движеніе. Но по крайней мѣрѣ пытались доказать, что, при равныхъ условіяхъ обмѣна веществъ въ данномъ мускулѣ, развивается въ немъ болѣе теплоты, если онъ не приводитъ никакой массы въ движеніи или не приподнимаетъ никакой тяжести, чѣмъ при обнаруживаніи внѣшней механической работы. Этого требуетъ принципъ сохраненія силы, потому

что если мускульною работою производится внѣшнее механическое дѣйствіе, напр. поднимается тяжесть, то живая сила, происходящая вслѣдствіе химическихъ превращеній, не можетъ вся проявиться въ видѣ теплоты. Наоборотъ, вся живая сила обнаруживается въ формѣ теплоты, если мускуломъ не производится никакихъ механическихъ дѣйствій.

Были произведены различные опыты въ большихъ и малыхъ размѣрахъ съ цѣлію подтвердить вышесказанное. По моему мнѣнію, ни одинъ изъ нихъ не былъ произведенъ такимъ образомъ, чтобы нельзя было сдѣлать существенныхъ возраженій противъ его доказательности. Поэтому, я самъ недавно сдѣлалъ нѣсколько опытовъ, и полагаю, что мнѣ удалось доказать требуемое. Я производилъ въ мускулѣ лягушки опредѣленное число сокращеній и повторялъ это по два раза, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, съ тѣмъ различіемъ, что первый разъ, приподнятая сокращеніемъ мускула тяжесть, дѣйствительно оставалась на той высотѣ, на которую была приподнята, а другой разъ тяжесть опускалась вмѣстѣ съ мускуломъ такъ, что окончательно не было произведено никакого механическаго эффекта. Нагрѣваніе мускула при его сокращеніяхъ было опредѣляемо посредствомъ чувствительнаго термоэлектрическаго прибора. Дѣйствительно оказалось, что во второмъ случаѣ развивается болѣе теплоты, нежели въ первомъ.

Одинъ изъ интереснѣйшихъ съ нашей точки зрѣнія вопросовъ, касающійся мускульнаго вещества, состоитъ въ томъ — посредствомъ какихъ промежуточныхъ стадій, въ мускульной ткани, работа химической энергіи производитъ механическое движеніе массъ. Часто сравнивали мускулы животныхъ съ паровою машиною, и это сравненіе, дѣйствительно, во многихъ отношеніяхъ, весьма поучительно и близко. Въ человѣческомъ организмѣ, также какъ въ паровой машинѣ сгораютъ, при доступѣ кислорода воздуха, богатыя углеродомъ соединенія, причемъ въ обоихъ случаяхъ главнымъ образомъ происходятъ тожественные продукты, именно углекислота и вода. Свободная теплота составляетъ, какъ въ организмѣ, такъ и въ паровой машинѣ, большую часть движенія, образуемаго работой химической энергіи. И въ человѣческомъ организмѣ, и въ машинѣ, часть химической работы употребляется на химическія дѣйствія, и наконецъ, въ обоихъ случаяхъ, механическій эффектъ можетъ снова превратиться въ теплоту, посредствомъ тренія или другихъ процессовъ.

Быть можетъ сравненіе съ паровою машиною можно провести и далѣе. Не образуется ли и въ мускулахъ, какъ въ паровой машинѣ, вслѣдствіе работы химическихъ силъ, вначалѣ только теплота, часть которой уже идетъ далѣе на образованіе механическаго движенія, или, другими словами, не составляетъ ли теплота и въ мускулѣ переходъ отъ химической энергіи къ механическому движенію? На этотъ во-

просъ, съ полною увѣренностью, можно отвѣчать отрицательно.

Мускулъ не составляетъ термодинамической машины—такъ называютъ всякое устройство, приспособленное къ превращенію теплоты въ механическое дѣйствіе. Что мускулъ не есть устройство подобнаго рода, можно доказать слѣдующимъ образомъ. Посредствомъ извѣстныхъ соображеній, подробное развитіе которыхъ завело бы насъ слишкомъ далеко, доказано, что около $^1/_5$ работы химическихъ силъ въ человѣческомъ организмѣ идетъ на внѣшнія механическія дѣйствія. Еслибы первая стадія превращенія химическихъ силъ состояла въ превращеніи всѣхъ ихъ въ теплоту, то можно было бы сказать, что изъ всего количества теплоты $^1/_5$ превращается въ запасъ механической работы, а $^4/_5$ обнаруживаются въ видѣ теплоты. Но изъ втораго положенія механической теоріи теплоты выведеннаго Клаузіусомъ, которое трудно представить въ наглядномъ видѣ, оказывается, что въ термодинамической машинѣ только въ томъ случаѣ $^1/_5$ часть всего количества теплоты можетъ превращаться въ механическое движеніе, когда остальное количество можетъ переходить отъ тѣла весьма сильно нагрѣтаго къ тѣлу значительно низшей температуры. Этой то разности температуры и не встрѣчается никогда въ условіяхъ дѣятельности мускуловъ. Слѣдовательно, механическая сила мускуловъ не происходитъ прямо изъ теплоты. Гораздо вѣроятнѣе и свободнѣе отъ суще-

ственныхъ возраженій было бы предположеніе, что работа химической энергіи переходитъ въ мускулѣ въ механическую работу чрезъ посредство электрическихъ процессовъ, т. е. что мускулъ представляетъ электродинамическую машину. Вѣроятность этого предположенія значительно подтверждается замѣчательнымъ открытіемъ Дюбуа-Реймона относительно электродвигательныхъ дѣйствій мускульной ткани. Хотя мы еще и не въ состояніи основать на этихъ явленіяхъ механическую теорію сократимости мускуловъ, но все-таки нельзя не предполагать, что движеніе мускула происходитъ вслѣдствіе электрическихъ силъ, потому что слѣды этихъ силъ ясно замѣтны,—точно также, мы предположимъ, что заводъ работаетъ паромъ, если видимъ надъ нимъ дымящуюся высокую трубу.

Въ заключеніе разсмотримъ поднятый въ послѣднее время вопросъ о томъ, какіе изъ вышеупомянутыхъ химическихъ процессовъ производятъ механическую мускульную силу? То обстоятельство, что мускульныя волокна состоятъ преимущественно изъ бѣлковыхъ соединеній заставило думать, что только сгораніе бѣлковыхъ веществъ обусловливаетъ развитіе механической мускульной силы. Но такъ какъ мускульныя волокна постоянно содержатъ нѣкоторое количество жира и сахаристыхъ соединеній, то можно также предполагать, что эти-то соединенія и составляютъ горючій матеріалъ, служащій для раз-

витія силы, тогда какъ бѣлковыя соединенія служатъ только строительнымъ матеріаломъ машины. Мысль эта будетъ нагляднѣе при сравненіи съ паровою машиною, напр. съ локомотивомъ. Онъ состоитъ главнымъ образомъ изъ желѣза, стали и другихъ металловъ, и содержитъ въ данный моментъ лишь незначительное количество угля, служащее для нагрѣванія. Но было бы ошибочно отсюда заключить, что движеніе локомотива происходитъ вслѣдствіе сгоранія желѣза и стали, а не угля.

Многіе уже давно предполагали, что развивающій силу горючій матеріалъ мускула составляютъ безъазотистыя соединенія, а не бѣлковыя тѣла. Первое указаніе въ этомъ направленіи было сдѣлано Либихомъ, который назвалъ безъазотистую пищу нагрѣвательнымъ матеріаломъ. Но впервые опредѣлительно было высказано это предположеніе Морицомъ Траубе, около десяти лѣтъ тому назадъ. Оно представляетъ весьма вѣроятнымъ уже à priori, если принять во вниманіе, что главную количественную роль во всемъ веществъ организма играютъ, какъ мы видѣли, безъазотистыя соединенія. По этому, мы вправѣ заключить, что ихъ именно разложеніе обусловливаетъ и главную функцію живаго организма—мускульную работу.

Опыты, которые я произвелъ вмѣстѣ съ моимъ другомъ, Вислиценусомъ, назадъ тому четыре года,

ставятъ наше предположеніе внѣ всякаго сомнѣнія. Мы показали, что количество механической работы, произведенной человѣкомъ, можетъ быть болѣе, чѣмъ сколько въ состояніи дать механическій эквивалентъ теплоты, происшедшей вслѣдствіе сгоранія бѣлковыхъ веществъ, даже при допущеніи самыхъ широкихъ предположеній относительно развитія теплоты при этомъ сгораніи. Слѣдовательно, мускульная сила, хотя отчасти, должна происходить вслѣдствіе сгоранія безъазотистыхъ соединеній. Доказательность нашихъ опытовъ значительно увеличивается вслѣдствіе уже упомянутыхъ опредѣленій количества теплоты развивающейся при сожиганіи бѣлка, произведенныхъ Франкландомъ, который былъ побужденъ къ этимъ изслѣдованіямъ нашими опытами.

Если мы взглянемъ на результатъ разсмотрѣннаго нами сегодня, то окажется, что въ организмахъ животныхъ развивается теплота и механическая сила насчетъ сгоранія богатыхъ углеродомъ соединеній въ кислородѣ воздуха. Какъ ни великъ на землѣ запасъ послѣдняго, необходимый для удовлетворенія этихъ двухъ главнѣйшихъ потребностей животной жизни, но можно было бы думать, что онъ, наконецъ, въ теченіе тысячелѣтій, уничтожится или уменьшится на столько, что жизненные процессы прекратятся. Но этого нѣтъ. Насколько извѣстно, содержаніе кислорода въ воздухѣ замѣтно не измѣнилось. Слѣдовательно, кислородъ долженъ отдѣляться отъ углерода и возвра-

щаться въ атмосферу въ свободномъ видѣ, служа снова на развитіе силъ въ животныхъ. Но это требуетъ работы, и если мы зададимъ себѣ вопросъ, какія силы производятъ эту работу, то придемъ къ разсмотрѣнію обмѣна силъ во вселенной.

ШЕСТАЯ ЛЕКЦІЯ.

Въ предыдущей лекціи мы видѣли, что теплота и механическое движеніе животныхъ организмовъ происходятъ насчетъ химической энергіи свободнаго кислорода и углеродистыхъ соединеній. Слѣдовательно, животная жизнь должна бы была постепенно уменьшать запасъ химической энергіи на земной поверхности и, наконецъ, совершенно его уничтожить, еслибы онъ постоянно не возобновлялся. Мы видѣли, что дѣйствительно этотъ запасъ возобновляется, потому что въ теченіе долгаго времени не уменьшились замѣтно ни запасъ свободнаго атмосфернаго кислорода, ни запасъ тѣхъ углеродистыхъ соединеній, которыя служатъ пищею животнымъ; съ другой стороны, количество углекислоты и воды на земной поверхности не увеличилось.

Поэтому долженъ существовать процессъ (къ этому заключенію мы пришли еще въ прошедшей

лекціи), посредствомъ котораго кислородъ могъ бы постоянно отдѣляться отъ углерода и водорода и возвращаться снова въ атмосферу. Не трудно догадаться, что этотъ процессъ есть ничто иное, какъ процессъ растительной жизни, потому что растенія доставляютъ животнымъ весь запасъ углеродныхъ соединеній, служащихъ имъ пищею. Хотя и существуютъ животныя плотоядныя, питающіяся животными же, но они все-таки получаютъ пищу отъ растеній, хотя и не непосредственно; животныя, служащія имъ добычею, не могутъ сами производить разнообразныя органическія вещества изъ простыхъ соединеній; они принимаютъ ихъ въ растительной пищѣ, содержащей эти вещества въ готовомъ состояніи.

Для отдѣленія въ растеніяхъ кислорода отъ углерода и водорода должна дѣйствовать какая-либо сила, результатомъ вліянія которой будетъ проявленіе свободной химической энергіи. Та форма, въ которой дѣйствуетъ эта сила на растенія, давно извѣстна, и я уже упоминалъ объ этомъ въ своихъ лекціяхъ. Это—солнечные лучи; они-то и производятъ въ растеніяхъ выдѣленіе кислорода изъ углекислоты и воды. Принципъ сохраненія силы прилагается и къ этому случаю. Солнечный свѣтъ, падающій впродолженіи единицы времени на единицу плоскости зеленой поверхности растенія, развиваетъ менѣе теплоты, чѣмъ тотъ же свѣтъ, падая впродол-

женіе того же времени на единицу плоскости какого-либо безжизненнаго вещества, имѣщаго, относительно свѣта, ту же какъ у растенія отражательную и поглотительную способности; вмѣсто теплоты происходитъ въ растеніяхъ на счетъ свѣта запасъ химической энергіи, такъ какъ кислородъ отдѣляется отъ углерода и водорода, несмотря на взаимное ихъ притяженіе.

Это приводитъ насъ къ вопросу объ экономіи силъ во вселенной. Солнце, теряющее постоянно, вслѣдствіе лучеиспусканія, громадное количество движенія или силы, чѣмъ оно восполняетъ эту потерю? Или эта потеря не пополняется, но для насъ совершенно незамѣтна, такъ какъ запасъ силы солнца безконечно великъ, или приходится принять, что эта потеря движенія лучеиспусканіемъ постоянно вознаграждается извнѣ, и тогда надо рѣшить вопросъ, какимъ образомъ это происходитъ? На него отвѣтилъ чрезвычайно остроумно и основательно геніальный Юлій Робертъ Мейеръ. Я приведу вкратцѣ ходъ его умозаключеній.

По изслѣдованіямъ Пулье, солнечный свѣтъ, падая впродолженіи одной минуты на всю земную поверхность, производитъ количество движенія эквивалентное 2247 билліоновъ единицъ теплоты. Чтобы обращаться съ меньшими цифрами, назовемъ количество теплоты, нагрѣвающее кубическую милю воды на 1°, единицею теплоты кубической мили

воды. Въ этомъ случаѣ теплотное дѣйствіе солнечныхъ лучей на всю земную поверхность впродолженіи минуты выразится 5,5 единицами.

Представимъ себѣ теперь, что солнце окружено шаровою поверхностью, радіусъ которой равенъ разстоянію земли отъ солнца. Поперечная плоскость центральнаго разрѣза земли составитъ $\frac{1}{2300000000}$ часть поверхности этого шара. Такая же часть всего дѣйствія солнечныхъ лучей приходится и на земную поверхность; отсюда легко вычислить, что все дѣйствіе солнечнаго свѣта составитъ въ минуту 12650 милліоновъ единицъ теплоты кубической мили воды.

Я продолжаю собственными словами Мейера:

«При такомъ громадномъ лучеиспусканіи долженъ вскорѣ охладиться даже шаръ такой величины, какъ наше солнце, если не происходитъ пополненія потери.»

«Если предположить, что теплоемкость массы солнца равна теплоемкости воды, которая обладаетъ наибольшею теплоемкостью изъ всѣхъ извѣстныхъ тѣлъ, и кромѣ того принять, что потеря теплоты чрезъ лучеиспусканіе происходитъ равномѣрно изъ всей массы, то окажется, что температура солнца ежегодно должна понижаться на $1^{\circ},8$; слѣдовательно, впродолженіи 5000 лѣтъ историческаго времени солнце должно было бы охладиться на 9000°,»

«Но очевидно, что нельзя предполагать равномѣрнаго охлажденія такой огромной массы. Если бы лучеиспусканіе солнца происходило на счетъ заключеннаго въ немъ разъ навсегда запаса теплоты или лучеиспускательной силы, то гораздо вѣроятнѣе, что по прошествіи короткаго времени образовалась бы на его поверхности охладившаяся кора, которая прекратила бы лучеиспусканіе. Слѣдовательно, постоянная дѣятельность солнца въ теченіи тысячелѣтій приводитъ къ заключенію, что существуетъ восполненіе потери, соотвѣтствующее громадности потребленія. Заключается ли это восполненіе въ химическомъ процессѣ?»

«Для полнаго исключенія этого предположенія, вообразимъ, что вся масса солнца состоитъ изъ каменнаго угля, каждый килограммъ котораго развиваетъ, вслѣдствіе сгоранія, 6000 единицъ теплоты. При такихъ условіяхъ, не обращая вниманія на количество необходимаго для сгоранія угля кислорода и на другія противорѣчащія обстоятельства, солнце своимъ сгораніемъ не могло бы долѣе 46 столѣтій покрывать расходъ теплоты.»

Мейеръ разсматриваетъ затѣмъ еще другую гипотезу, по которой солнечная теплота происходитъ, при вращеніи солнца около оси, вслѣдствіе тренія солнечной поверхности объ окружающую ее гипотетическую среду. Онъ показываетъ, что судя по измѣреніямъ солнца и скорости его вращенія, весь эффектъ этого вращенія въ состояніи былъ бы покрыть

расходъ теплоты только на сто восемдесять три года.

Такъ какъ этими источниками силъ, очевидно, нельзя удовлетвориться, то Мейеръ переходитъ къ совершенно новой гипотезѣ. Пространство, окружающее солнце и на которое распространяется дѣйствіе его притяженія, наполнено большимъ числомъ вѣсомыхъ массъ. Онѣ, сообразно законамъ тяготѣнія, описываютъ кругообразные пути вокругъ солнца, если только движеніе ихъ совершается безъ препятствія, но если препятствіе существуетъ, то, какъ бы оно мало ни было, массы должны описывать спиральныя съуживающіеся пути и наконецъ столкнуться съ солнцемъ.

«Всѣ эти массы,» продолжаетъ Мейеръ, «съ силою низвергаются въ ихъ общую гробницу. Такъ какъ никакая причина не остается безъ послѣдствій, то каждая изъ этихъ космическихъ массъ должна развить при паденіи извѣстное количество теплоты, подобно тому какъ тяжесть падающая на землю производитъ своимъ ударомъ дѣйствіе пропорціональное живой силѣ, пріобрѣтенной этою тяжестью.»

«Слѣдовательно, съ представленіемъ объ томъ, что пространство, подвергнутое притяженію солнца, наполнено массами вѣсомой матеріи и всюду распространеннаго упругаго эфирнаго вещества—съ этимъ представленіемъ неразрывно связано другое, именно о постоянномъ, неизсякаемомъ развитіи теплоты на центральномъ тѣлѣ этой космической системы.»

«Дѣйствительно ли происходитъ это въ нашей солнечной системѣ—другими словами, дѣйствительно ли безпрерывное паденіе на солнце вѣсомыхъ массъ составляетъ вѣчную причину развитія свѣта и теплоты на солнцѣ—этотъ вопросъ мы подвергнемъ теперь ближайшему разсмотрѣнію.»

«Что касается до первоначальной матеріи, которая носится въ пространствѣ и только чрезвычайно медленно поддается притягательному дѣйствію находящейся вблизи солнечной системы, то въ этомъ согласны почти всѣ физики и астрономы. Въ пространствѣ солнечной системы двигаются, кромѣ извѣстныхъ въ настоящее время 14 планетъ и 18 ихъ спутниковъ, еще огромное число другихъ небесныхъ тѣлъ, между которыми кометы заслуживаютъ особенное вниманіе.»

«Знаменитое изрѣченіе Кеплера: «въ небесныхъ пространствахъ болѣе кометъ, нежели въ морѣ рыбъ,» основывается на томъ, что намъ доступно наблюденіе пути лишь весьма ограниченнаго числа всего количества кометъ нашей солнечной системы, и что, слѣдовательно, по правиламъ теоріи вѣроятностей, слѣдуетъ заключить еще о гораздо бо́льшемъ количествѣ такихъ кометъ, которыя движутся внѣ горизонта нашего зрѣнія.»

«Рядомъ съ планетами, ихъ спутниками и кометами, существуетъ въ нашей солнечной системѣ еще одна категорія небесныхъ тѣлъ. Они представляютъ плотныя массы, которыя, по причинѣ ихъ чрезвычайно

незначительной величины, могутъ быть названы космическими атомами. Араго весьма удачно назвалъ ихъ астероидами. Они, подобно планетамъ и кометамъ, слѣдуютъ законамъ тяготѣнія и описываютъ эллиптическіе пути вокругъ солнца. Подойдя случайно на близкое разстояніе къ землѣ, они производятъ постоянно повторяющееся явленіе падающихъ звѣздъ и огненныхъ шаровъ.» *)

«Какъ уже было упомянуто, отъ существованія упругой противодѣйствующей среды, эфира, зависитъ то обстоятельство, что эти небесныя тѣла, планеты, кометы и астероиды, совершая свое движеніе, постоянно приближаются къ центральному тѣлу.»

«Академикъ Энкэ доказалъ существованіе такого противодѣйствія; онъ показалъ, что комета, названная его именемъ, совершая свое движеніе вокругъ солнца въ короткій промежутокъ 1207 дней, постоянно и правильно ускоряетъ свое движеніе, такъ что время полнаго обращенія ея около солнца каждый разъ сокращается на 6 часовъ.»

«Понятно, что планеты, вслѣдствіе ихъ огромной величины и плотности, испытываютъ только весьма медленное и до сихъ поръ незамѣченное уменьшеніе ихъ пути. На оборотъ, малыя космическія массы должны, при прочихъ равныхъ обстоятельствахъ, тѣмъ быстрѣе приближаться къ солнцу, чѣмъ менѣе ихъ

*) Въ новѣйшее время дознано, что падающія звѣзды представляютъ остатки кометъ.

діаметръ; поэтому легко можетъ быть, что въ то время, какъ среднее разстояніе земли отъ солнца уменьшается на метръ, небольшой астероидъ приближается къ солнцу болѣе чѣмъ на тысячу миль.»

Не трудно вычислить, какою скоростью обладаетъ космическая масса при паденіи ея на солнце. Скорость эта будетъ отъ 60 до 85 миль въ секунду, т. е. отъ 445,750 до 630,400 метровъ въ секунду, смотря по разстоянію, которое масса прошла. Масса, вѣсъ которой на земной поверхности равенъ одному килограмму, при паденіи на солнце будетъ обладать живою силою отъ 9,945.800,000 до 19,845.000,000 единицъ. Если эта живая сила превратится въ теплоту, вслѣдствіе удара о поверхность солнца, то теплоты разовьется отъ 27 до 55 милліоновъ единицъ. Это вычисленіе основано впрочемъ на механическомъ эквивалентѣ теплоты по прежнему опредѣленію Мейера. Слѣдовательно, падающій на солнце метеоръ развиваетъ отъ 4600 до 9200 разъ болѣе теплоты, чѣмъ произошло бы при сгораніи такого же количества каменнаго угля.

Такъ какъ намъ извѣстно сколько теплоты ежеминутно теряется солнцемъ, то мы можемъ легко вычислить, сколько метеорной массы каждую минуту должно упадать на солнце, если потеря теплоты постоянно пополняется.

Оказывается, что для восполненія этой потери, каждую минуту на солнце должно падать отъ 94000

до 188000 билліоновъ килограммовъ метеорной массы.

Это число является съ перваго взгляда невѣроятнымъ, и кажется будто теорія солнечной теплоты Мейера должна рушиться вслѣдствіе этого обстоятельства. Въ самомъ дѣлѣ, возникаетъ вопросъ: развѣ можетъ солнце увеличиваться каждую минуту на такую массу безъ того, чтобы непроизошло замѣтнаго увеличенія его видимаго поперечника? Этотъ вопросъ разрѣшается однако отрицательно. Увеличеніе массы солнца отъ названныхъ причинъ, вслѣдствіе громадности поверхности его, все-таки такъ незначительно, что не могло сдѣлаться замѣтнымъ въ историческія времена. Пользуясь извѣстными намъ данными, легко вычислить, сколько времени должно продолжаться это паденіе метеоритовъ, чтобы уголъ зрѣнія, которымъ мы измѣряемъ діаметръ солнца увеличился на одну секунду. Если принять, что удѣльный вѣсъ падающихъ метеоритовъ равенъ удѣльному вѣсу солнца, то окажется, что для вышеупомянутаго увеличенія діаметра солнца требуется отъ 33000 до 66000 лѣтъ; величина же угла въ одну секунду едва превосходитъ предѣлъ ошибки астрономическихъ измѣреній.

Мы видимъ, слѣдовательно, что изъ теоріи Мейера о происхожденіи солнечной теплоты нельзя вывести того заключенія, что солнце должно видимо увеличиваться. Еще легче опровергнуть возраженіе, состоящее въ томъ, что будто бы вблизи солнца не

находится столько метеоритовъ, сколько требуется для поддержанія температуры солнца. Стоитъ только вспомнить, сколько метеоровъ движутся вблизи земли. Въ свѣтлую ночь не проходитъ 20 минутъ безъ того, чтобы не видно было гдѣ-либо падающей звѣзды. Но въ извѣстное время года онѣ падаютъ какъ снѣгъ. Безъ сомнѣнія, число астероидовъ, перебывавшихъ въ теченіи года вблизи земли, превосходитъ тысячи милліоновъ. Если же, основываясь на законахъ вѣроятности, вообразимъ себѣ количество метеоровъ вокругъ солнца, то положительно потеряемся въ безграничномъ, и убѣдимся, что ужъ въ этомъ-то теорія Мейэра нисколько не натянута. Напротивъ, все говоритъ за то, что эта теорія во всемъ справедлива.

Взглянемъ еще разъ съ точки зрѣнія этой теоріи на обмѣнъ силъ въ природѣ. Мы начали съ міра животныхъ: мы видѣли, что въ немъ происходятъ живыя силы, и нашли ихъ источникъ въ химической энергіи кислорода и углерода, подобно тому какъ источникомъ движенія часоваго механизма бываетъ упругость заведенной пружины. Но какъ пружину постоянно требуется заводить снова, точно также, мы видѣли, и кислороду постоянно сообщается новая энергія при разложеніи углекислоты. Мы видѣли, что это происходитъ въ растеніяхъ на счетъ живой силы, доставляемой солнцемъ. Но мы замѣтили далѣе, что солнце должно было бы наконецъ охладиться, еслибы живая сила его, теряемая вслѣдствіе

лучеиспусканія, постоянно не возмѣщалась. Разсмотрѣвъ различныя предположенія о возможныхъ способахъ такого возмѣщенія, мы остановились на томъ, что теряемая солнцемъ, вслѣдствіе лучеиспусканія, живая сила возобновляется въ немъ отъ постояннаго паденія на него тяжелыхъ массъ съ неизмѣримой дали, сообразно законамъ тяготѣнія. Во всякомъ случаѣ достойно удивленія, что тяготѣніе, обусловливающее связь небесныхъ тѣлъ во вселенной, служитъ въ тоже время источникомъ силъ въ мельчайшихъ процессахъ на земной поверхности. Слѣдовательно, въ общемъ тяготѣніи нашли мы наконецъ пружину, упругость которой поддерживаетъ движеніе во вселенной. Возобновляется ли упругость этой пружины? Образуетъ ли обмѣнъ силъ во вселенной, замкнутый въ самомъ себѣ кругъ, или механизмъ міра заведенъ только на одинъ разъ? Съ точки зрѣнія теоріи Мейера этотъ вопросъ можно поставить слѣдующимъ, болѣе конкретнымъ образомъ. Можетъ ли теплота, происшедшая вслѣдствіе паденія метеорныхъ массъ на поверхность солнца, быть употреблена какимъ-либо образомъ для того, чтобы опять удалить эти массы на неизмѣримую даль отъ солнца, такъ чтобы онѣ, падая снова, снова развивали теплоту? Только въ этомъ случаѣ можно было бы принять, что существованіе міра, при нынѣшнихъ условіяхъ, будетъ продолжаться вѣчно. Только тогда было бы мысли-

мо вѣчное продолженіе органической жизни на планетахъ. Но мы не можемъ себѣ представить, чтобы матеріальныя массы были отбрасываемы отъ солнца со скоростью, достаточною для достиженія тѣхъ же высотъ, съ которыхъ онѣ упали. Напротивъ, многое говоритъ за то, что это положительно невозможно и невѣроятно.

Клаузіусъ далъ возможность окончательно разрѣшить этотъ вопросъ, установивъ и выразивъ свое, такъ-называемое, второе главное положеніе механической теоріи теплоты. Къ сожалѣнію, я не могу развить здѣсь это положеніе, такъ какъ это невозможно безъ математическихъ вычисленій, и приведу поэтому только самое заключеніе безъ доказательствъ. Если второе положеніе механической теоріи теплоты вполнѣ приложимо ко всѣмъ случаямъ и вѣрно даже для такихъ температуръ, какъ на солнцѣ и на другихъ небесныхъ тѣлахъ, температура которыхъ быть можетъ еще выше — то можно сдѣлать слѣдующее общее заключеніе нетолько для солнечной системы, но вообще для всей вселенной: механическая энергія, разъ превратившись въ теплоту, никогда не можетъ снова вполнѣ перейти обратно въ энергію, и такъ какъ первое превращеніе постоянно совершается, то наконецъ вся сила вселенной должна принять форму теплоты, а вмѣстѣ съ тѣмъ, во всемъ мірѣ, разности температуры должны уравняться. Физическіе процессы вселен-

ной не могутъ, слѣдовательно, повторяться до безконечности, представляя постоянно, замкнутый въ самомъ себѣ, кругъ. Вселенная подвержена, напротивъ, процессу идущему къ опредѣленной цѣли.

Но цѣль эта, какъ было выше сказано, состоитъ въ уничтоженіи разности температуръ, слѣдовательно,— въ общей смерти всего живущаго. Это окончательное состояніе, способное сохраняться вѣчно, должно быть достигнуто по прошествіи извѣстнаго конечнаго срока, начало котораго можно считать отъ произвольно-выбраннаго первоначальнаго состоянія, которое только можно себѣ представить, т. е. которое исключаетъ безконечное разсѣяніе массы въ пространствѣ и безконечную скорость. Наоборотъ, слѣдовательно, это окончательное состояніе было бы уже теперь достигнуто, еслибы міръ существовалъ отъ вѣка.

И такъ, мы пришли наконецъ къ слѣдующей, полной значенія, дилеммѣ: или обобщающая, высшая философія естествознанія упустила изъ виду нѣкоторыя существенныя стороны дѣла, или—если эта философія строго-вѣрна и приложима—міръ не существуетъ отъ вѣка, и произошелъ во время небезконечно отъ насъ отдаленное. Начало же его обусловливается причиною, выходящею изъ ряда естественныхъ, т. е. онъ былъ сотворенъ.

СОДЕРЖАНІЕ.

ЛЕКЦІЯ ПЯТАЯ.

ЛЕКЦІЯ ШЕСТАЯ.